

Miikka Salminoja

Nitraattilannoituksen vaikutus metsämaan mikrobibiomassaan FIA-analysaattorilla tutkittuna

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Laboratorioanalytiikka (AMK)

Laboratorioala

Opinnäytetyö

12.11.2013

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Miikka Salminoja Nitraattilannoituksen vaikutus metsämaan mikrobibiomassaan FIA-analysaattorilla tutkittuna 29 sivua + 3 liitettä 20.11.2013
Tutkinto	Laboratorioanalyttikko (AMK)
Koulutusohjelma	Laboratorioala
Ohjaajat	Erikoistutkija Aino Smolander Vanhempi tutkija Mika Nieminen Erikoistutkija Hannu Fritze Laboratorioinsinööri Miika Kuivikko
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Metsäntutkimuslaitoksen Vantaan yksikön laboratoriossa.</p> <p>Työn tavoitteena oli tutkia erityyppisiltä ja -muotoisilta pintavalutuskentiltä toimitettujen turvenäytteiden typensitomiskykyä, erityisesti mikrobeihin sitoutuneen typen määrää, joka on verrannollinen mikrobibiomassaan.</p> <p>Projekti oli osa suurempaa tutkimusta, jonka tarkoituksena oli selvittää, millaisilla valutuskentillä saataisiin lannoituksen jälkeistä typen huuhtoutumista estettyä parhaiten. Valuma-alueita käytetään tyypillisesti ehkäisemään ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin hakkuu-alueelta.</p> <p>Mikrobitypen määrä selvitettiin fumigaatio-suorauuttomenetelmällä K_2SO_4 -uutteista FIA-analysaattorilla spektrofotometrisesti.</p> <p>Havaittiin, että tutkimuksen kohteena olleista alueista vain osassa maaperän typpipitoisuus oli lisääntynyt lannoituksen seurauksena. Osassa pitoisuus oli jopa laskenut. Mikrobitypen määrä muuttui pääasiassa samalla tavoin kuin totaalitypen määrä.</p>	
Avainsanat	mikrobityppi, fumigaatio, FIA, spektrometria

Authors Title Number of Pages Date	Miikka Salminoja Effect of Nitrate Fertilization to Microbial Biomass of Forest Soil with FIA-analyzer 29 pages + 3 appendices 20 November 2013
Degree	Bachelor of Laboratory Services
Degree Programme	Laboratory Sciences
Instructors	Aino Smolander, Senior Researcher Mika Nieminen, Researcher Hannu Fritze, Senior Researcher Miika Kuivikko, Laboratory Engineer
<p>This thesis was carried out at The Finnish Forest Research Institute (Metla) laboratory in Vantaa.</p> <p>The objective was to investigate nitrogen binding properties of samples of soil delivered from different kinds of buffer zones. Principal interest was paid to microbial nitrogen, which relates to microbial biomass.</p> <p>The project was part of a larger research of which the purpose was to study what kind of buffer zones can decrease the most of the amount of nitrogen flushing after fertilization. Buffer zones are typically used to prevent nutrient loss to water systems from tree cutting areas.</p> <p>The amount of microbial nitrogen was examined by fumigation direct extraction method from K_2SO_4 -extracts with FIA-analyzer with spectrophotometric detector.</p> <p>It was found out that the amount of bound nitrogen was increased after fertilization only on some of the buffer zones investigated, and even decreased on a few. The amount of microbial nitrogen changed primarily in a similar manner with the total nitrogen content of the soil.</p>	
Keywords	microbial biomass, fumigation, FIA, spectrophotometer

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Typen kierto	1
3	Maaperän mikrobit	3
3.1	Mikrobien määrä ja biomassa	3
3.2	Mikrobit ravinnekierron ylläpitäjinä	4
3.2.1	Mineralisaatio	4
3.2.2	Nitrifikaatio	6
3.2.3	Denitrifikaatio	7
4	Puskurivyöhykkeet typpikuormituksen vähentäjinä	8
4.1	Puskurivyöhykkeen merkitys	8
4.2	Hiilen ja typen sitoutuminen metsämaahan	9
5	Biomassan ravinteiden määrittäminen	9
5.1	Fumigaatio maa- ja turvenäytteille	9
5.2	Fumigaatiomenetelmän historiaa	9
5.3	Muita biomassan määrityskeinoja	10
6	Typen määrittäminen FIA-analysaattorilla	11
6.1	Virtausinjektiotekniikka	11
6.2	Peristalttinen pumppu	12
6.3	Näytteenotto ja detektori	13
6.4	Dispersio	13
6.5	Laitteet ja ohjelmistot	14
6.6	Menetelmän soveltuvuus	14

6.7	Totaalityypen määrittäminen FIA-analysaattorilla	15
6.8	Muita maaperän tyyppien määrittämiskeinoja	16
7	Näytteenkäsittely	16
7.1	Näytteiden ominaisuuksia	16
7.2	Kalibrointinäytteet	17
7.3	Työt ennen fumigointia	18
7.4	Fumigaatio	19
8	FIA-analyysi	20
9	Tulokset	21
9.1	Näytekohtaiset tulokset	21
9.2	Yleiskatsaus tuloksiin	22
9.3	Alanäytteiden keskihajonta	24
9.4	Virhelähteitä	24
9.4.1	Näytekoodeihin liittyneet epäselvyydet	24
9.4.2	Fumigaatioeksikaattorin vakuumi	25
10	Yhteenveto	25
	Lähteet	27

Liite 1. Reagenssit virtausajoon

Liite 2. Näytekohtaiset tulokset

Liite 3. Tarkat arvot

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä perehdytään maanäytteiden käsittelyyn fumigaatio-suorauuttomenetelmällä kokonais- ja mikrobitypen määrän selvittämiseksi virtausinjektiotekniikalla. Työssä tutustutaan näiden menetelmien toimintaperiaatteisiin, toimenpiteiden käytännön toteutukseen ja historiaan. Lisäksi perehdytään typen merkitykseen elämälle ja sen kiertokulkuun ekosysteemissä.

Totaalitypen ja mikrobitypen määrien muutokset maaperässä lannoituksen seurauksena ovat oleellista tietoa suunniteltaessa, millaisia pintavalutuskenttiä eli puskurivyöhykkeitä kannattaisi jättää metsähakkuiden ja vesistöjen väliin ravinteiden huuhtoutumisen ja vesistöjen rehevöitymisen ehkäisemiseksi.

Toistaiseksi on tutkittu puskurivyöhykkeiden vaikutusta pääasiassa vain vesistöjen kiintoaine- ja fosforikuormitukseen ja puskurivyöhykkeiden käyttö vesistöjä rehevöittävän typpikuormituksen torjunnassa tunnetaan selvästi huonommin.

Työn tavoitteena on määrittää lannoituksen aiheuttama muutos mikrobeihin sitoutuneen typen määrässä viidessä eri puskurivyöhykkeessä, joiden eri osista on toimitettu useita turvenäytteitä.

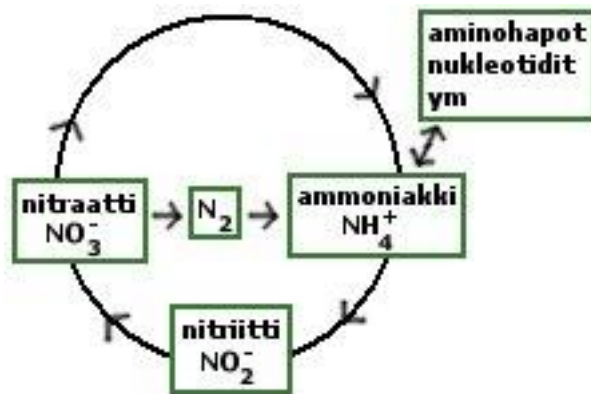
Opinnäytetyö toteutettiin Metsäntutkimuslaitoksen Vantaan toimipisteen laboratoriossa syksyn 2009 aikana.

2 Typen kierto

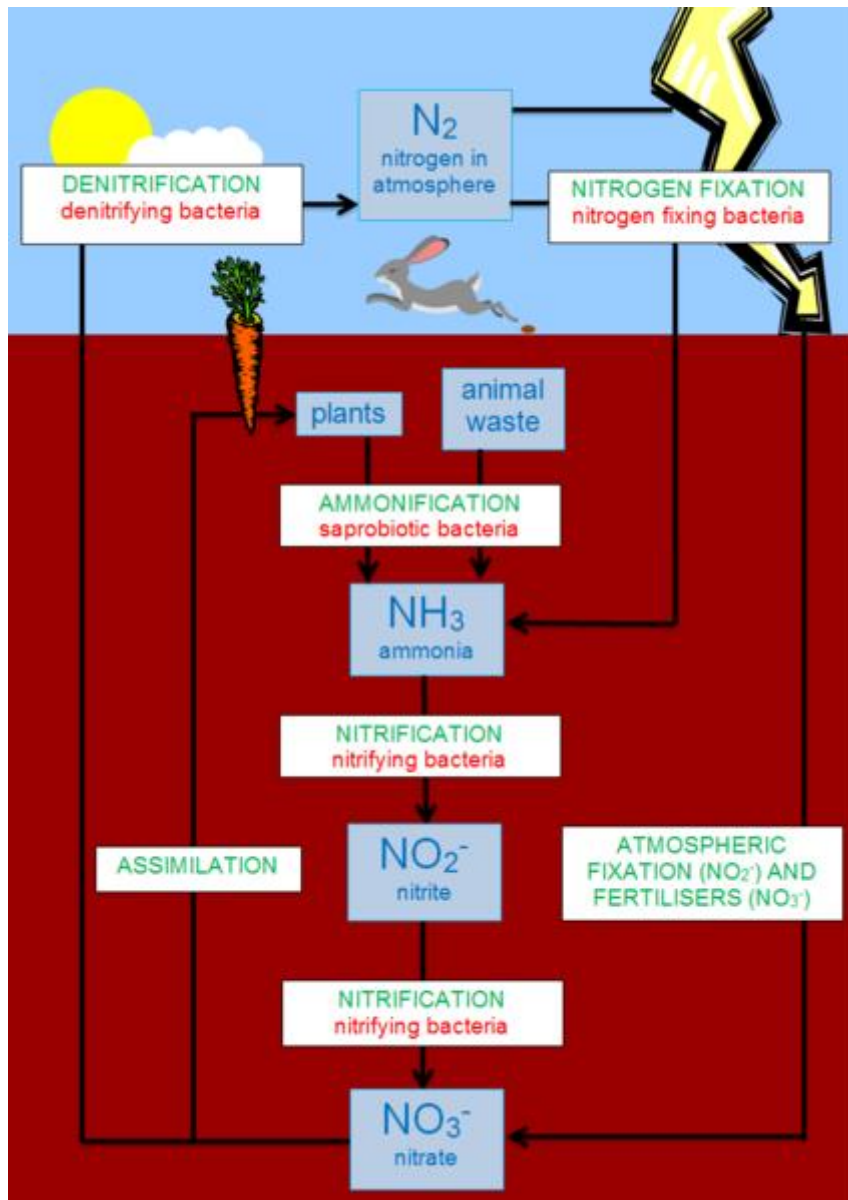
Typpi on elämälle tärkeä alkuaine, sitä on kaikissa aminohapoissa ja proteiineissa. Kasveissa iso osa timestä on lehtivihreämolekyyleissä, jotka ovat yhteyttämisen keskeinen tekijä.

Nukleotidien ja aminohappojen valmistukseen tarvittava typpi on alun perin ilmassa typpikaasuna. Vain muutamat bakteerit pystyvät muuttamaan molekulaarisen typen helpommin hyödynnettävään muotoon, ammoniakiksi. Tämän vuoksi biologisesti aktii-

viseen muotoon muutettua typpeä kierrätetään eliökunnassa tarkasti, ja puhutaankin typen kierrosta. Nitrifioivat bakteerit hapettavat maaperässä typpeä ammoniakista nitriitiksi tai edelleen nitraatiksi (kuva 1). Nitrifioivia bakteereja on maaperässä niin paljon, että lähes kaikki maaperän ammoniakki muuttuu nitraatiksi. Jotkut anaerobiset bakteerit ja kasvit taas pelkistävät nitraattia ammoniakiksi, josta erityisesti kasvit valmistavat aminohappoja ja muita pelkistettyjä typpiyhdisteitä. Typpi tulee eläimiin aina kasvien kautta, aminohappoina tai muina vastaavina yhdisteinä, ja vapautuu eläimistä ammoniakina mikrobien hajottaessa kuolleiden eläinten proteiineja. [1.] (kuva 2.)



Kuva 1. Typen kierto [1]



Kuva 2. Eläimet, mikrobit ja typen kierto [2]

3 Maaperän mikrobit

3.1 Mikrobin määrä ja biomassa

Mikrobin määrää koskevat tulokset riippuvat suuresti siitä, mitä määrittämenetelmää käytetään. Perinteisesti maamikrobin lukumäärä on määritetty viljelymenetelmällä tai mikroskoipoimalla. Mikroskooppimenetelmien hankaluutena on niiden työläys ja sidonnaisuus suorittavaan henkilöön. Eri henkilöiden saamat tulokset poikkeavat hieman

toisistaan, joten todennäköiset henkilövaihdokset pitkien seurantajaksojen aikana heikentävät tulosten luotettavuutta. [3, s. 47.] Myös viljelymenetelmiin sisältyy merkittäviä heikkouksia. Parhaimmillaankin kasvualustoilla orgaanista ainetta hajottavista bakteereista pystytään määrittämään vain noin 1 % niiden kokonaismäärästä. Toisaalta pesäkeluku on epätasallinen tunnus ajateltaessa mikrobien ekologista merkitystä. Alustalla kasvava sienipesäke voi olla peräisin joko sieni-itiöstä tai sienirihman kappaleesta.

Kokonaismikrobibiomassa on eräänlainen yleistekijä, joka kertoo sekä mikrobien että niihin sitoutuneiden ravinteiden määrästä maassa. Suuri osa kokonaismassasta voi olla epäaktiivisessa tilassa. Mikrobibiomassa ilmoitetaan useimmiten siinä olevan hiilen määränä tai biomassan kokonaistilavuutena.

Maan mikrobibiomassan määrää ja lajikoostumusta säätelevät useat tekijät, joista kaikkia ei vielä tunneta. Yleensä metsäekosysteemissä mikrobibiomassan määrä riippuu eniten maassa olevan orgaanisen hiilen määrästä; mitä enemmän orgaanista hiiltä, sitä suurempi mikrobibiomassa. [4, s. 897–902.] Myös kokonaistypen määrän lisääntymisen on havaittu kasvattavan mikrobibiomassaa.

Työläitä ja tulkinnanvaraisia mikroskooppimenetelmiä on pyritty korvaamaan *kemiallisella analysoinnilla*. Mikrobikomponenttien kemiallinen analysointi on mahdollista esimerkiksi siten, että mikrobit hajotetaan kloroformikaasutuksella ja hajonneiden mikrobien orgaaninen aine uutetaan näytteestä. Uutoksesta voidaan määrittää mikrobeista peräisin oleva orgaaninen hiili tai typpi.

3.2 Mikrobit ravinnekierron ylläpitäjinä

3.2.1 Mineralisaatio

Ravinnekiertoon vaikuttavat oleellisesti maamikrobit. Ne hajottavat orgaanista ainetta vapauttaen siitä ravinteita (mineralisaatio). Kasvillisuus on siis riippuvainen mikrobien vapauttamista ravinteista. Samalla mikrobit itse assimiloivat ravinteita solusynteesissään, joten osa maan ravinteista on aina elävään ja kuolleeseen mikrobibiomassaan sitoutuneena (immobilisaatio). Joissain olosuhteissa tämä ravinteiden immobilisaatio saattaa olla niin huomattavaa, että kasvit kärsivät ravinteiden puutteesta. [5.]

Mikrobit vaikuttavat erityisesti orgaanisen aineen hiilen, typen, fosforin ja rikin biologiin prosesseihin. Valtaosa metsämaan typpivaroista on orgaanisena typpenä, esimerkiksi aminohapoissa, proteiineissa ja nukleiinihapoissa. Orgaanisen aineen mineralisoidessa sen sisältämä typpi vapautuu maaperään ammoniakkina (NH_3). Osa hajoavan orgaanisen aineen tyypestä sitoutuu tällöin hajottajamikrobiston biomassaan, eli immobiloituu, minkä vuoksi kasveille käyttökelpoisen epäorgaanisen typen (NH_4^+ , NO_3^-) määrä laskee. Vastaavaa sitoutumista ilmenee kaikkien muidenkin mikrobien tarvitsemien ravinteiden osalta.

Orgaanisen aineen sisältämän hiilen suhde tyypeen (C/N) on havumetsän humuskeroksessa korkea, noin 40. Koska mikrobisolujen C/N -suhde on 3 - 15, mikrobit kärsivät typen puutteesta. Tämä tarkoittaa, että hajoavan aineen typpi sitoutuu mikrobisoluihin. Mikäli hajotettavan orgaanisen aineen ja mikrobien C/N -suhde vastaisivat toisiaan, osa hajoavan aineen tyypestä voisi erittyä nettomineralisaatiossa mikrobisoluja ympäröivään maahan, koska mikrobit eivät tarvitsisi kaikkea vapautuvaa tyyppiä solujensa rakentamiseen.

Typen osuuden kasvattaminen hiileen nähden ei välttämättä lisää orgaanisen aineen hajoamista. Joidenkin vaikeasti hajoavien aineiden hajoaminen voi jopa hidastua typpilisäyksen seurauksena. Syynä tähän voivat olla haitalliset muutokset hajottajamikrobien populaatiossa, hajoamista estävien uusien yhdisteiden muodostuminen tai hajotukseen osallistuvien entsyymien toiminnan estyminen.

On arvioitu, että bakteerien ja sienien osuudet metsämaan hajotusaktiivisuudessa olisivat lähes yhtä suuret huolimatta sienien suuremmasta biomassasta. Tämä johtuu siitä, että bakteereista on suurempi osa aktiivisia kuin sienistä. Bakteerien ja sienien hengitysaktiivisuus on noin 10-kertainen maaperäeläinten hengitykseen verrattuna. Maaperäeläinten merkitys ravinteiden kierrossa on kuitenkin suurempi kuin mitä niiden biomassasta ja hengitysaktiivisuudesta voidaan päätellä.

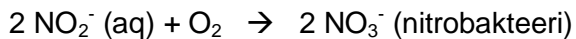
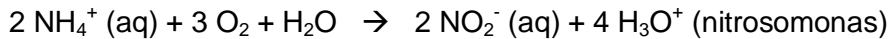
Mikrobibiomassaan sitoutuneet ravinteet vapautuvat maaperään mikrobien kuollessa. Bakteribiomassa uusiutuu podsolimaannoksessa nopeammin kuin sienibiomassa.

Hajotusnopeuteen vaikuttavat useat seikat, mm. mikrobien määrä, lajikoostumus ja aktiivisuus, ympäristöolot sekä hajotettavan aineen kemiallinen koostumus. Hajotusnopeuden on havaittu riippuvan siitä, minkä kasvilajin karike on kysymyksessä, ja minkä-

lainen on sen koostumus [6, s. 205–215]. Myös maan rakenne, erityisesti sen savipitoisuus, vaikuttaa mineralisaationopeuteen [7, s. 799–805].

3.2.2 Nitrifikaatio

Nitrifikaatiolla tarkoitetaan ammoniumin hapettumista nitriitin kautta nitraatiksi:



kokonaisreaktio:



Tämän hapettumisreaktion saavat aikaan autotrofiset nitrifikaatiobakteerit. Ammoniumin hapettajat eivät pysty hapettamaan nitriittiä, eivätkä nitriitin hapettajat puolestaan kykene hapettamaan ammoniumia. Nitrobakteerit hapettavat nopeasti nitriittityypen nitraatiksi, joten nitriittiä on yleensä vähän maaperässä. Yleensä ammoniumin hapettuminen nitriitiksi onkin rajoittava pullonkaulatekijä reaktiosarjassa.

Nitrifikaatiossa vapautuvat vetyionit happamoittavat maaperää. Nitrifikaatioprosessin kuvaili ensimmäisenä venäläinen mikrobiologi Sergei Winogradsky.

Ammoniumin hapettaminen nitriitiksi eli nitrifikaation ensimmäinen vaihe tapahtuu kahden eri organismijoukon toimesta. Siihen osallistuvat ammoniumia hapettavat bakteerit sekä ammoniumia hapettavat arkit. Maaperän tutkituimmat ammoniumin hapettajabakteerit kuuluvat *Nitrosomonas* ja *Nitrosococcus* -sukuihin. Ammoniumia hapettavat arkit kuitenkin dominoivat sekä maaperässä että meriympäristöissä, joten *Thaumarchaeota* arkeilla saattaa olla jopa suurempi merkitys nitriitin muodostumiselle maaperässä. [8, s. 806–809.]

Toisaalta *nitrosomonas* -bakteereita on pidetty myös ongelmallisena maanviljelyksessä niiden muuttaessa lannoitteiden ammoniumia nitriitiksi, joka ei ole yhtä helposti käytettävä tyyppi kasveille. Nitriitti imeytyy helposti pohjaveteen saastuttaen sitä. [9.]

Tärkeimmät nitrifikaatiota säätelevät tekijät ovat maan pH ja ammoniumin saatavuus. Nitrifikaatio on mahdollista vain, jos maaperässä on ammoniumia. Luonnollisesti myös lannoituksena tai laskeumana tuleva ammonium lisää nitrifikaatiobakteerien toimintamahdollisuuksia. Luonnontilaisessa metsäekosysteemissä ammoniumista on usein puutetta. Ammoniumin heikko saatavuus on maan happamuuden ohella tärkein syy siihen, että luonnontilaisissa metsämaissa nitrifikaatiobakteerien määrä ja aktiivisuus ovat alhaisia. Nitrifikaatio tapahtuu aerobisissa olosuhteissa

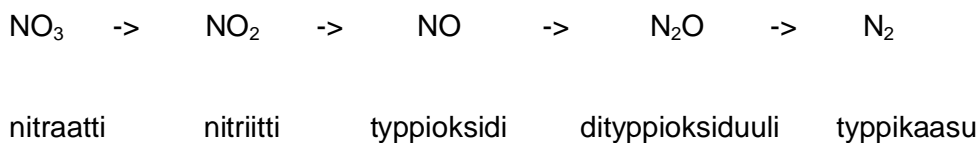
3.2.3 Denitrifikaatio

Denitrifikaatio on mikrobiologinen prosessi, jossa typen hapettuneet muodot vähenevät orgaanisen aineen hapettuaessa. Prosessissa nitraatti pelkistyy useiden välivaiheiden kautta typpikaasuksi, joka vapautuu ilmakehään. Denitrifikaatiota aiheuttavat pääasiassa heterotrofiset bakteerit, kuten *Paracoccus denitrificans*. [10.]

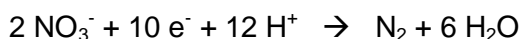
Tyypillisesti pelkistysprosessiin osallistuu kuitenkin useita eri bakteerilajeja, ja sen on todettu tapahtuvan erilaisten entsyymireaktioiden kautta [11].

Tavallisesti denitrifikaatiota ilmenee ympäristössä, jossa energieteettisesti paremman elektronivastaanottajan, hapen, saatavuus on rajoittunutta ja bakteerit käyttävät nitraattia korvikkeena tähän tarkoitukseen. Siksi denitrifikaatiota tapahtuu vain anaerobisessa ympäristössä, missä on runsaasti nitraattia saatavilla. [12.]

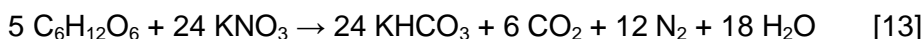
Denitrifikaatiossa nitraatti pelkistyy typpikaasuksi:



Tavallisin denitrifikaatioprosessi:



Esimerkiksi glukoosin hapettamisen avulla suoritettu denitrifikaatio voidaan kuvata reaktioyhtälöllä:



4 Puskurivyöhykkeet typpikuormituksen vähentäjinä

4.1 Puskurivyöhykkeen merkitys

Suomen olosuhteissa haitallisimpana metsätalouden aikaansaamana muutoksena vesistöissä pidetään hakkuualueiden maanmuokkauksen ja soiden ojituksen aiheuttamaa eroosiota eli kiintoainekuormituksen kasvua.

Ratkaisuna metsätalouden eroosio-ongelmaan metsätalousmaan ja vesistön väliin jätetään puskurivyöhyke. Puskurivyöhykkeellä (käytetään myös nimitystä pintavalutuskenttä) tarkoitetaan mitä hyvänsä tasaista aluetta, esim. luonnontilaista suota tai soistunutta kivennäismaata, jonka kautta metsätalousmaalta valuvat vedet johdetaan alapuoliseen vesistöön. Puskurivyöhykkeiden suodattamis- ja ravinteidensitomiskykyä hyväksi käyttäen voidaan tehokkaasti puhdistaa valumavesiä ennen niiden purkautumista puroon, jokeen tai järveen. Puskurivyöhykkeiden avulla voidaan parhaassa tapauksessa vähentää vesistöihin kohdistuvaa kiintoainekuormitusta 70 - 100 %, ja puskurivyöhykkeille pidätyvät hyvin niin karkeat kuin hienojakoiset ja kevyet kiintoainepartikkelit. [14, s. 123–132.]

Puskurivyöhykkeillä voidaan vähentää myös liukoisten ravinteiden huuhtoutumista. Toistaiseksi on kuitenkin tutkittu puskurivyöhykkeiden vaikutusta pääasiassa vain vesistöjen kiintoaine- ja fosforikuormitukseen ja puskurivyöhykkeiden käyttö vesistöjä rehevöittävän typpikuormituksen torjunnassa tunnetaan selvästi huonommin.

Vaikka typpeä huuhtoutuu myös kivennäismaan metsien hakkuissa, erityisesti suomettien hakkuiden on osoitettu lisäävän sekä ammonium- että nitraattitypen huuhtoutumista [15, s. 53–59.] Metsätalouden vesiensuojelussa ei voida saavuttaa kansallisten vesiensuojelun tavoiteohjelmien ja EU:n vesipuitedirektiivin tavoitteita ellei parhaita vesiensuojelutoimenpiteitä käytetä kattavasti kaikkien metsätaloustoimenpiteiden yhteydessä [16, s. 29–40]. Yksittäisiltä alueilta saatujen tulosten perusteella tehokkain me-

netelmä metsätalouden typpikuormituksen vähentämiseen voivat olla vesistöjen varteen jätettävät puskurivyöhykkeet.

4.2 Hiilen ja typen sitoutuminen metsämaahan

Luonnon- ja talousmetsät eroavat toisistaan kaikkien pitoisuustunnusten suhteen.

Orgaanisen kerroksen hiilipitoisuus ja C/N-suhde ovat luonnonmetsissä korkeampia ja typpipitoisuus matalampi kuin talousmetsissä, kun taas luonnonmetsien kivennäismaan hiili- ja typpipitoisuudet ovat matalampia ja C/N-suhde korkeampi kuin talousmetsissä. Näistä muuttujista parhaiten kasvupaikan viljavuutta mittaava orgaanisen kerroksen C/N-suhde on keskimäärin matalin maan eteläosissa ja lehtomaisilla koivu- tai kuusia kasvavilla kasvupaikoilla. [17, s. 9.]

5 Biomassan ravinteiden määrittäminen

5.1 Fumigaatio maa- ja turvenäytteille

Fumigaatio eli kaasutus on menetelmä määrittää mikrobibiomassaan sitoutunut hiili, typi tai fosfori. Käytännössä menetelmä toimii siten, että saman näytteen kahta alannäytettä vertaillaan toisiinsa. Toinen alanäytteistä kaasutetaan kloroformilla ja toista ei. Molemmista näytteistä uutetaan typi suolaliuksella. Fumigoitu näyte antaa suuremmat pitoisuudet kuin fumigoimaton, sillä fumigaatio on hajottanut näytteessä olevat mikrobit (n. 95 %), jolloin näytteiden erotus korreloituu mikrobibiomassaan.

5.2 Fumigaatiomenetelmän historiaa

Fumigaatio-inkubaatio oli ensimmäinen mikrobibiomassan määrittämiseen kehitetty fysiologinen menetelmä. Maanäytteiden mikrobit tapetaan kaasuttamalla niitä kloroformilla, jolloin niiden solukalvot hajoavat ja soluissa olevat ravinteet vapautuvat. Näytteisiin siirrostetaan steriloimatonta maata ja siinä olevien mikrobien hiilidioksidin tuotto mitataan 25 °C:ssa tapahtuvan 10 d:n inkubaation jälkeen. Tuloksesta vähennetään kaasuttamattomien vertailunäytteiden hengitys. Kokonaismikrobibiomassassa ollut hiili

pystytään arvioimaan hiilidioksidin tuoton perusteella [18]. Tämä menetelmä kehitettiin alun perin viljelysmaille, mutta sitä on myöhemmin käytetty myös metsämaille [19, s. 507–513]. Kloroformin on osoitettu tappavan suurimman osan maan mikrobistosta, joskin on käynyt ilmi, että vaikka kaikki alkueläimet kuolevatkin, kaikki sienet ja bakteerit eivät kuole. Monien sienten ja bakteerien populaatiot palautuvat tällöin nopeasti ennalleen inkuboinnin aikana. [20, s. 545–550.] Fumigaatio-inkubaatiolla määritetäänkin ainoastaan kloroformille herkkiä mikrobeja. Jotain muutakin kemikaalia voitaisiin käyttää, mutta se olisi voitava poistaa maasta ennen inkubaatiota, eikä se saisi merkittävästi muuttaa maan rakennetta. Myöhemmin on ehdotettu, että kloroformikaasutus korvattaisiin mikroaaltosäteilytyksellä [21, s. 39–47]. Fumigaatio-inkubaation haittana on sen edellyttämä pitkä inkubaatioaika. Lisäksi menetelmän on havaittu antavan liian pieniä tuloksia happamille metsämaille [19, s. 507–513]. Tämän on päätelty johtuvan siitä, että maahan lisättävä populaatio ei pysty voimakkaasti happamissa maissa hajotamaan ei-mikrobiaalista orgaanista ainetta yhtä tehokkaasti kuin alkuperäinen populaatio fumigoimattomissa maissa. Niinpä fumigoimattoman maan käyttö vertailunäytteenä johtaa liian pieniin tuloksiin. [18.]

Fumigaatio-inkubaation heikkouksien vuoksi eri tutkijat kehittivät fumigaatio-suorauuton. Mikrobibiomassan tyyppiä alettiin määrittää siten, että fumigoinnin jälkeen näytteet uutettiin kaliumsulfaatin vesiliuoksella ja uutteista määritettiin kloroformin vapauttava tyyppi [22, s. 837–842.] Vastaavalla tavalla havaittiin suoriuduttavan myös orgaanisen hiilen määrittämisestä. Fumigoimattomista vertailunäytteistä uutetun hiilen määrä vähennettiin tuloksista. [18.] Tyyppi ja hiili voidaan määrittää myös samasta uuttoluoksesta. Martikainen ja Palojärvi [23, s. 797–802] käyttivät tätä menetelmää suomalaisille metsämaille ja totesivat sen korreloivan positiivisesti mikroskooppisen suorilaskennan kanssa. Tässä, kuten fumigaatio-inkubaatiossakin, pystytään määrittämään vain kloroformille herkkiä mikrobeja.

5.3 Muita biomassan määrityskeinoja

Mikrobien fysiologiaan perustuu myös ns. substraatti-indusoitu-hengitysmenetelmä (SIR). Siinä näytteeseen lisätään mikrobien energianlähteeksi glukosin kaltaista helposti hajoavaa yhdistettä, ja mitataan hiilidioksidin tuotto välittömästi substraatin lisäyksen jälkeen. Tietty biomassayksikkö mikrobeja tuottaa hiilidioksidia tietyn määrän aikayksikköä kohden. Kun mittaus suoritetaan välittömästi, mikrobit eivät ehdi lisääntyä

näytteessä. Toisin kuin fumigaatio-inkubaatio menetelmällä, SIR-menetelmällä voidaan arvioida sopivia inhibiittoreita käyttäen bakteerien ja sienien biomassaa erikseen. SIR-menetelmän ongelmat liittyvät lisättyjen substraattien ja inhibiittoreiden laatuun ja määrään. Nämä joudutaan selvittämään näytekohtaisesti erikseen.

Lisäksi on olemassa ns. ATP -menetelmä, jossa maasta uutetusta ATP:n määrästä lasketaan mikrobibiomassa. [3, s. 47.]

6 Typen määrittäminen FIA-analysaattorilla

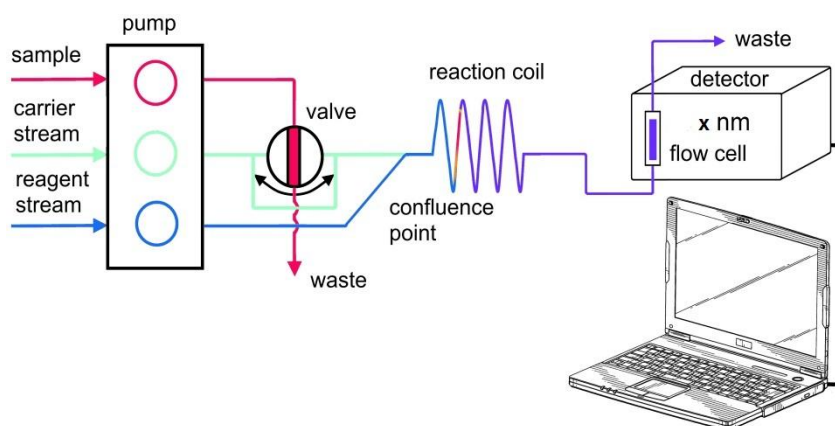
6.1 Virtausinjektiotekniikka

Flow Injection Analysis eli virtausinjektioanalyysi (FIA) perustuvat virtausinjektiotekniikkaan. Ensimmäiset virtausinjektioanalyysimenetelmät luotiin 1970-luvun alussa. Näissä järjestelmissä näyte kulki virtauksen mukana magneettisesti liikutetun sekoituskammion läpi kohti silikoni-kumipohjaista grafiittielektrodia. Analyysin tulokset luettiin lyhytaikaisten piikkien muodoista. [24.] Nykyisen muotonsa menetelmä sai vuonna 1974.

Ennen nykyisen kaltaisia FIA -menetelmiä käytössä oli segmenttivirtaus menetelmiä, joita käytettiin laajasti 60- ja 70-luvuilla lääketieteellisiin diagnooseihin veri- ja virtsanäytteistä. Näissä menetelmissä näyte virtasi laitteiston läpi detektorille vesiliuoksena lähekkäisten ilmakuplien välissä. Kuplien tarkoituksena oli estää näytteen liiallinen hajoaminen, lisätä näytteen sekoittumista reagenssien kanssa ja puhdistaa kanavan seinämiä näytteiden välillä. Virtausinjektioanalyysin kehittäjät kuitenkin huomasivat että liiallinen hajoaminen ja ristikontaminoituminen näytteiden välillä voidaan estää sopivasti suunnitellulla laitteistolla ilman ilmakuplia, ja että näytteiden ja reagenssien sekoittaminen nesteessä oli helposti järjestettävissä.

Nykyaikaisen FIA-menetelmän periaatteena on, että näyte syötetään kantajavirtaan johon yhdistyy reagenssivirta. Näyte reagoi reagenssin kanssa muodostaen lopputuotteen joka detektoidaan sopivassa, menetelmän mukaan valitussa läpivirtausdetektorissa (kuva 3). Tässä analyysissä tutkittavasta ionista muodostetaan sekoituskammiossa reagenssien avulla värillinen kompleksi. Menetelmä hyödyntää kolorimetriaa.

Tärkeimmät tekijät FIA-menetelmässä ovat toistettava näytteensyöttö, hallittu dispersio näytteen ja kantajavirran välillä sekä tarkka ajastus. Nämä tekijät ovat mahdollistaneet korkeasti automatisoidut laitteistot, jotka voivat analysoida suuria näyttemääriä tehokkaasti. [25.]



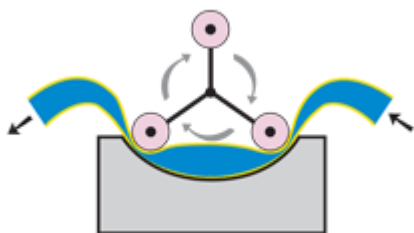
Kuva 3. Kaavio FIA-järjestelmän toimintaperiaatteesta

6.2 Peristalttinen pumppu

Normaalisti liuos FIA-laitteessa siirtyy järjestelmän läpi peristalttisen pumpun avulla. Peristalttinen pumppu siirtää nesteen muovista letkua pitkin pyörivien rullien avulla. Kanavaan syntyy jatkuva suhteellisen tasainen virtaus, jossa on vain vähän pulsseja virtausvoimakkuudessa.

Nykyaikaisissa pumpuissa on tyypillisesti 8 - 10 rullaa ympyrän muodossa siten, että puolet rullista puristaa nestettä eteenpäin letkussa joka hetki (kuva 4).

Virtausnopeutta säädetään moottorin pyörimisnopeudella, jonka tulisi olla vähintään 30 rpm, sekä letkun sisähalkaisijalla. Letkun halkaisija voi vaihdella 0,25:n ja 4 mm:n välillä, ja sopivalla letkuvalinnalla virtausnopeutta voi säädellä 0,0005 ml/min ja 40 ml/min välillä. Tyypillisesti pumpun rullat ovat niin pitkiä, että virtausta voidaan synnyttää useisiin rinnakkaisiin kanaviin samanaikaisesti. [25, s. 832–833.]



Kuva 4. Peristalttisen pumpun toiminta havainnollistettuna. Nykyaikaisissa pumpuissa on tyypillisesti 8-10 rullaa.

6.3 Näytteesyöttäjä ja detektori

Näytteesyöttäjän annostelema näyteliuoksen määrä FIA-tekniikassa on 5 - 200 µl, 10 - 30 µl näytekoon ollessa tyypillisin useimmissa sovelluksissa. Analyysin luotettavuuden kannalta on tärkeää, että näyte annostellaan kantajavirtaan nopeasti tasaisena nestepatsaana, eikä näytteesyöttö saa häiritä kantajavirran kulkua.

Tyypillinen tapa syöttää näyte on havainnollistettu kuvassa 3 edellä: automaattinen venttiili annostelee halutun määrän näytettä kantajavirtaan. Kantajavirta katkeaa näytteen syötön ajaksi, koska näyteventtiilin halkaisija on huomattavasti suurempi kuin kantajavirran ohitusreitin halkaisija.

Detektorina virtausinjektiotekniikoissa voidaan käyttää atomiabsorptio, ja emissiomenetelmiä, fluorometrisiä, elektrokemiallisia tai taitekertoimeen perustuvia menetelmiä sekä spektrofotometrisiä ja fotometrisiä menetelmiä. Fotometriset detektorit ovat mahdollisesti yleisin käytetty detektointimenetelmä. [25, s. 833.]

6.4 Dispersio

Välittömästi näytteesyötön jälkeen näyte etenee nestematriisissa tarkkarajaisena vyöhykkeenä. Näytteen edetessä pidemmälle laitteen putkistoissa näytepatsas alkaa menettää muotoaan, *dispersoitumaan*.

Dispersio D määritellään yhtälöllä:

$$D = c_0/c$$

missä c_0 on näytteen analyttikonsentraatio ja c maksimikonsentraatio detektorilla. Dispersion suuruus voidaan määrittää injektoimalla tunnetun vahvuista väriliuosta c_0 ja mittaamalla absorbanssi läpivirtauskyvetissä. Kalibroinnin jälkeen alkuperäinen c voidaan määrittää Lambert Beerin lailla.

Dispersioon vaikuttaa kolme tekijää: näytteen tilavuus, putkiston pituus ja pumppausnopeus. Yleisesti vähäiseen dispersioon johtavat olosuhteet saadaan aikaan vähentämällä injektorin ja detektorin välimatkaa mahdollisimman paljon, hidastamalla pumppauksen nopeutta ja kasvattamalla injektoitavan näyteliuoksen tilavuutta. [25, s. 834–836.]

6.5 Laitteet ja ohjelmistot

Määrittäksessä käytettiin seuraavia laitteita ja ohjelmistoja:

- Quickchem 8000 FIA-analysaattori, A83200, Lachat (z lachat QuikChem FIA+ 8000 Series)
- Omnion 3.0 ohjelma, versio 218 (18.6.2004)
- Cetac ASX-500 -näytteesyöttäjä, p/n A81210, s/n A81010-178
- Ismatec-pumppu 12-kanavainen, p/n A8220, s/n A82000-375
- Syöttöventtiili 25 cm * 0,8 mm (pitoisuusalue 0,05 - 2 mg/l)
- Syöttöventtiili 15 cm * 0,8 mm (pitoisuusalue 2 - 10 mg/l)
- Menetelmäkasetti, Nitrate/nitrite 10-107-04-1-0
- Kadmiumpelkistinkolonni, Lachat 50237

6.6 Menetelmän soveltuvuus

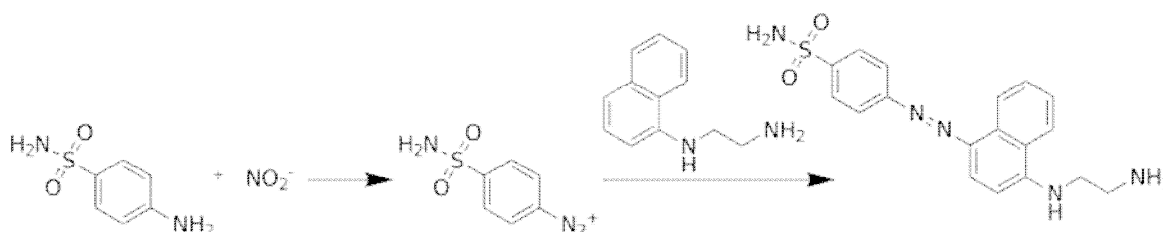
Menetelmä soveltuu liukoisien kokonaistypen määrittämiseen maanäytteiden 0,5 M kaliumsulfaattiuutteista. Tällä menetelmällä voidaan mitata pitoisuuksia välillä 0,1 - 10 mg/l N. Riippuen injektioventtiilin koosta voidaan mitata pitoisuuksia väleillä 0,1 - 2 mg/l ja 2 - 10 mg/l. Uutteet on analysoitava mahdollisimman nopeasti uuttamisen jälkeen tai pakastetut uutenäytteet heti sulattamisen jälkeen.

6.7 Totaalipyntymisen määrittäminen FIA-analysaattorilla

Ennen määrittämisen aloittamista näytteessä olevat epäorgaaniset ja orgaaniset typpiyhdisteet on hapetettava alkalisessa liuoksessa kaliumpersulfaatilla nitraatiksi. Hapetus suoritetaan autoklaavissa. Määrittämisen alkaessa hapettunut näyteliuos injektoidaan kantajaliuokseen (ionivaihdettu vesi), joka yhdistyy toiseen puskurikantaliuokseen (ammoniumkloridipuskuriliuos). Nitraatti pelkistetään nitriitiksi kadmiumpelkistinkolonnissa ja siitä muodostetaan atsoyhdiste. Tämän muodostuneen purppuran värisen atsoyohdisteen intensiteetti mitataan spektrofotometrisesti aallonpituudella 520 nm käyttäen läpivirtauskyvettä. Tulokset laite lukee piikinkorkeuden mukaan ja tulostaa suoraan näytteiden pitoisuudet kalibrointikäyrältä, joka on mitta-alueella 0 - 1,0 mg/l lineaarinen. Muilla mitta-alueilla kalibrointikäyrä ei ole lineaarinen.

Atsoyohdisteen muodostuminen Griess-reaktiossa:

Nitriitti muodostaa atsoyohdisteen happaman sulfaniilamidiliuoksen lisäyksessä, jonka jälkeen atsoyohdiste reagoi N-(1-naftyyli)-etyleenidiamiinidihydrokloridiliuoksen kanssa. Muodostuu purppuranvärisen atsoyohdiste, jonka värin intensiteetti on verrannollinen nitriittikonsentraatioon (kuva 5).



Kuva 5. Griess-reaktiossa muodostuu purppuranvärisen atsoyohdiste näytteen nitriitin kanssa.

[26.]

Diatsoyohdisteen muodostuksen, johon Griess-reaktio pohjautuu, kuvaili ensimmäisenä Peter Griess vuonna 1858.

6.8 Muita maaperän typen määrityskeinoja

Typpeä voidaan määrittää monin keinoin ja kannattaa pohtia mikä on taloudellisesti, ajallisesti ja näytteen käsittelyn kannalta järkevin vaihtoehto. Standardeja kokonaistypen määrittämiseen löytyy runsaasti. Typen määrittäminen maaperästä voidaankin tehdä esimerkiksi Kjeldahl-laitteella. [27.]

Kjeldahl-menetelmä on yleisesti käytetty kokonaistypen määrittämiseen tarkoitettu menetelmä. Perusidea on hajottaa näyte ensin rikkihapolla katalysaattorin läsnäollessa. Sitten näyte höyrytislataan natriumhydroksidilla, minkä jälkeen ammoniakkimuodossa oleva typpi määritetään esimerkiksi titraamalla tai spektrometrisesti. Kjeldahl-menetelmä on aikaa ja reagensseja kuluttava ja vaatii laitteistoa ja henkilöstöä, mutta on taitavan tekijän avulla tarkka määrittämuoto. [27.]

7 Näytteenkäsittely

Viideltä eri puskurivyöhykkeeltä toimitettuja näytteitä säilytettiin muovipusseissa pakka- sessa. Yhdeksän pussia otettiin sulamaan näytteen punnitsemista edeltävänä päivänä. Näytteet olivat peräisin kuvan 6 kartan osoittamilta alueilta. Kartan paikkaa "Ki" ei ollut mukana tässä määrittäksessä.

7.1 Näytteiden ominaisuuksia

Maanäytteiden rakenne vaihteli paljon. Osa näytteistä oli ennen kuivausta hyvin vetistä mutaa tai savea, osassa oli osittain lahonneutta puuta, olkia tai sammalmaista turvetta. Toisissa näytteissä oli runsaasti pientä juurakkoa tai oksia ja toisissa ei lainkaan.

Näytteistä pyrittiin ottamaan tasaisesti näytettä edustava otantakappale, kuitenkin niin ettei kovin kiinteitä olkia tai oksia otettu mukaan analyysiin. Osa näytteistä oli niin märkiä että tummaksi värjäytynyttä vettä valui virtanaan ja painui heti maa-aineksen sekoituksen jälkeen näytepussin pohjalle vieden mahdollisesti liukoisia ravinteita ja mikro-organismeja mukanaan. Tällöin pyrittiin ottamaan näytettä siten, että osa siitä oli kosteampaa maa-ainesta pussin pohjalta ja osa hieman kuivempaa materiaalia pinnalta.

7.2 Kalibrintinäytteet

Vuosi 2007 oli nk. kalibrintivuosi, jolloin selvitettiin typen luontaiset määrät puskurivyöhykkeillä, ja alkukesällä 2008 lisättiin ammoniumnitraattia puskurivyöhykkeille valuaan veteen. Puskurivyöhykkeistä kaksi on luontaisia vesistöjen rantavyöhykkeitä, kolme vyöhykettä on perustettu ennallistamalla pieni osa ojitusalueesta.



Kuva 6. Näytteidenottoaikat kartalla.

7.3 Työt ennen fumigointia

Kaikki infuusiopullot, suppilot ja mittapullot happopestiin ennen työn aloitusta. Astiat upotettiin 3 % HCl-liuokseen vähintään 2 h:ksi, jonka jälkeen ne huuhdeltiin 5 peräkkäisessä huoneenlämpöistä Maxima-vettä sisältävässä altaassa 3 - 5 kertaa kussakin. Astiat laitettiin koreissa kuivumaan lämpökaappiin.

15 ml mittalusikka, pinsetit, sakset, kemikaalilusikka ja näytetarjotin pestiin ensin hanavedellä ja sitten laatuluokan 1 vedellä ennen jokaista uutta turvenäytettä. Sakset, pinsetit ja kemikaalilusikka huuhdeltiin 96 % etanolissa (Altia Oy) ja liekitettiin ennen aloittamista.

Käytetty Maxima-vesi on aluksi puhdistettu käänteisosmoosilaitteistolla (Elgestat Prima), minkä jälkeen vesi johdettiin kalvosuodatin- ja ioninvaihtoyksikköön (Elgestat Maxima).

Kuiva-ainepitoisuuden määrittäminen:

Sulatettu turvenäyte pilkottiin saksilla pieneksi ja homogenisoitiin huolellisesti. Yhä vihreät kasvinosat, kepit ja suurimmat juuret poistettiin. Siirrettiin tuoretta näytettä vakio-painotettuun upokkaaseen ja merkittiin tuorepaino muistiin. Näytettä kuivattiin yön yli 105 °C:ssa lämpökaapissa, jäähdytettiin eksikaattorissa ja punnittiin uudelleen. Vähentämällä upokkaan massa saadaan näytteen kuivapaino, ja lasketaan kuiva-ainepitoisuus prosentteina.

Näytteiden punnitseminen:

Homogenisoitua turvetta lusikoitiin kemikaalilusikalla taarattuun 15 ml mittalusikkaan, ja näytemassa kirjattiin muistiin. Siirrettiin näyte 120 ml infuusiopulloon. Näytteen tunnus liitettiin pulloon kuminauhaan kiinnitetyllä tarralla lyijykynällä merkittynä. Mustekynien muste liukenee kloroformikäsittelyssä.

Valmistettiin jokaisesta turvenäytteestä 6 rinnakkaisnäytettä, jotka merkittiin A - F.

Näytteet A - C fumigoitiin ja D - F toimivat vertailunäytteinä.

Pullot suljettiin happopestyillä korkeilla ja siirrettiin kylmiöön 24h.

7.4 Fumigaatio

Tyhjän eksikaattorin pohjalle laitettiin yhteensä 40 ml kloroformia 4 dekantterilasiin ja lasit kiinnitettiin eksikaattorin pohjaan maalarinteipillä. Lisättiin jokaiseen dekantteriin kiehumakiviä. Eksikaattorin välipohja laitettiin paikoilleen ja sisäseinämät vuorattiin Maxima-vedellä kostutetuilla käsipapereilla siten, että paperit pysyvät kiinni eksikaattorin sisäseinämissä.

Eksikaattoriin mahtuu yhteensä 27 infuusiopulloa eli 9 turvenäytteen alanäytteet A - C.

Poistettiin korkit pulloista, suljettiin eksikaattorin kansi ja imettiin vesipumpulla vakuumiin kunnes kloroformi kiehui selvästi. Siirrettiin eksikaattori pimeään lämpökaappiin +28 °C 24 h:ksi.

Kloroformin evakuointi:

Avattiin eksikaattorin hana, poistettiin kloroformidekantterit ja käsipyyhkeet. Dekantterilaseissa jäljellä oleva kloroformi kaadettiin jäteastiaan. Kuivattiin eksikaattori käsipyyhkeillä, jotka jätettiin vetokaappiin haihtumaan. Siirrettiin näytepullot takaisin eksikaattoriin ja imettiin vakuumiin 7 x 3 min. Ensimmäisten imujen aikana havaittiin kloroformin poistumista kuplintana näytteissä.

Uutto:

Lisättiin 50 ml 0,5 M K_2SO_4 -liuosta jokaiseen pulloon, suljettiin ja ravisteltiin tasoravistelijassa 30 min 200 rpm.

Kaadettiin suppiloihin, joissa sininauhasuodatinpaperit (Schleicher & Schuell 589³) ja alla 100 ml happopesty muovipullo, johon merkitty kyseisen näytteen koodi.

Muovipulloihin siirretyt kirkkaat näyteliuokset pakastettiin myöhempää mittausta odottamaan.

8 FIA-analyysi

Reagenssit virtausajoon ja liuosten valmistusohjeet löytyvät liitteestä 1.

Sulatetusta näytteestä otettiin pipetillä 5,0 ml korkilliseen hapetuspulloon, jotka oli numeroitu 1 - 100. Lisättiin 15 ml Maxima-vettä ja 10 ml hapetusliuosta.

Valmistettiin rinnakkaiset joka 20. näytteestä. Hapetuspullojen korkit suljettiin tiukasti.

Pullot laitettiin autoklaaviin 120 °C:seen ja 1 atm ylipaineeseen 30 minuutiksi.

Autoklavointiin valittiin menetelmän kontrollinäytteiksi kaupallisesta liuksesta valmistetut kontrollinäytteet 0,4 ja 1,0 tai 5,0 mg/l N sen mukaan, millä pitoisuusalueella mittaukset suoritettiin. Autoklavointiin laitettiin mukaan myös nollanäyte.

Autoklavoinnin jälkeen näytteet jäähdytettiin huoneen lämpötilaan. Jäähdyneet ja sekoitetut näytteet siirrettiin membraanisuodattimen läpi 4 ml:n koeputkiin analysointia varten.

Laitteen ja menetelmän mittaasetukset olivat laitevalmistajan optimoimia, ja ne on testattu menetelmän validoinnissa. Mittausaallonpituus oli 520 nm. Spektrofotometrin läpivirtauskyvetin läpimitta oli 10 mm.

Käytössä olivat mittaalueet 0,1 - 2 mg/l, jonka alueella käytettiin lineaarista regressiota sekä 2 - 10 mg/l, jonka alueella käytettiin 2. asteen regressiokäyrää. Mittaus tapahtui piikin korkeuden mukaan. Kalibroinnissa ajettiin rinnakkaiset näytteet samasta näyteastiasta kahdella eri kanavalla. Kummallekin kanavalle määritettiin omat kalibrointikäyrät.

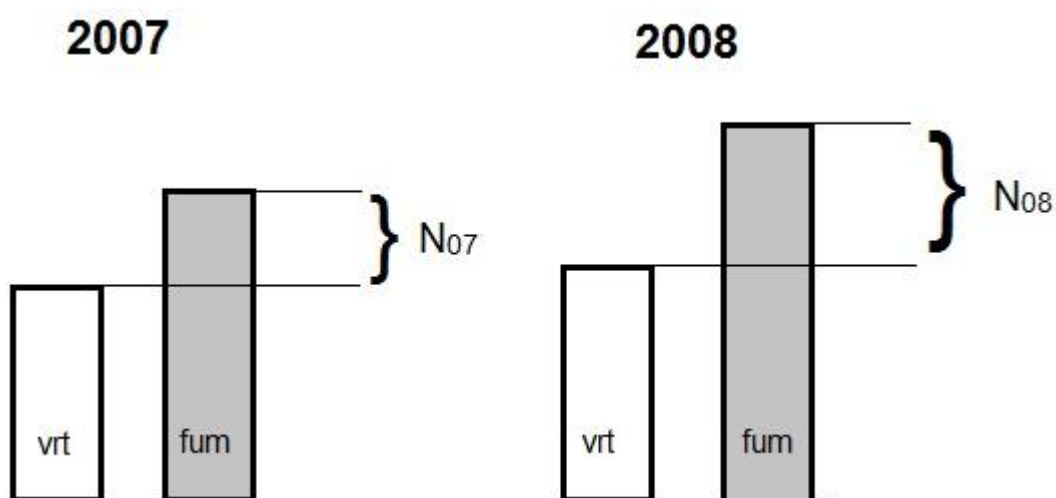
Analysoitavista näytteistä tehtiin rinnakkaiset määritykset siten, että näyte laitettiin yhteen näyteastiaan näytetarjottimelle. Näyteastiasta johdettiin näyte analysoitavaksi kahden eri kanavaan. Analyysitulokset laskettiin kahden tuloksen keskiarvona. Rinnakkaistulokset saavat poiketa korkeintaan 10 %.

Mikäli typpipitoisuus on pienempi kuin 10 mg/l, niin näyte voidaan tarvittaessa laimentaa pienellä suoralla mitattavaksi. Laimennusliuoksena käytettiin tällöin nollaliuosta. Jos

typpipitoisuus oli suurempi kuin 10 mg/l, niin silloin näytteen hapetus uusittiin laimentamalla näyte ennen autoklavointia, jotta voitiin olla varmoja hapetusliuoksen riittävydestä.

9 Tulokset

Mikrobitypen määrän muutos N_{muutos} lasketaan vertailemalla fumigoidun ja vertailunäytteen typpipitoisuuksia kummaltakin vuodelta kullekin näytteelle (kuva 7).



Kuva 7. Fumigoidun ja vertailunäytteen typpipitoisuuden erotus vastaa näytteen mikrobitypen määrää N .

$$N_{07} = \text{fum}_{07} - \text{vrt}_{07}, N_{08} = \text{fum}_{08} - \text{vrt}_{08}$$

$$N_{\text{muutos}} = N_{08} - N_{07}$$

Mitatut typpipitoisuudet FIA-laite tulosti Exceliin muodossa mg/l.

9.1 Näytekohtaiset tulokset

Liitteessä 2 on näytteiden tuloksia käsittelevä taulukko (taulukko 2), josta selviää kustakin näytteenottopaikalta eri koordinaateista tuotujen näytteiden typpipitoisuuksien keskiarvot fumigoitujen ja vertailunäytteiden osalta kummaltakin vuodelta. Taulukon eri

pystyriveiltä voidaan lukea typen mineralisoituneen ja immobilisoituneen pitoisuuden muutoksia. Negatiivinen etumerkki tarkoittaa pienentynyttä pitoisuutta.

- vertailu erotus 08-07 -sarake ilmaisee mineralisoituneen typen määrän muutoksen vuosien 2007 ja 2008 välillä.
- fumigoidut erotus 08-07 -sarake ilmaisee totaalitypen määrän muutoksen vuosien 2007 ja 2008 välillä.
- mikrobi-N -sarakeet ilmaisevat mikrobitypen määrän kummaltakin vuodelta erikseen
- mikrobi-N erotus 08-07 -sarake ilmaisee mikrobitypen määrän muutosta vuosien 2007 ja 2008 välillä.

Kaikki lukuarvot ovat yksikköä milligrammaa typpeä kuivapainokilogrammaa maata kohden.

Laajempi taulukko, johon on merkitty myös keskiarvoon vaikuttaneiden alanäytteiden pitoisuudet, tarkat kuivapainomassat, alanäytteiden keskihajonnat ja näytteiden suhteelliset keskihajonnat ym. on liitteessä 3.

9.2 Yleiskatsaus tuloksiin

Tuloksista näkee selvästi kaikkien näytteiden sisältäneen mikrobityppeä. Fumigoidut näytteet antoivat aina suuremmat typpipitoisuuden arvot kuin vertailunäytteet. Ammoniumnitraattisäys ei kuitenkaan nostanut kaikkien 53 näytteen typpipitoisuutta niin mikrobitypen kuin kokonaistypenkään osalta. Lannoitelisäys oli vuodessa jopa laskenut totaalitypen määrää noin puolella näytteistä. Totaalitypen määrä oli laskenut 26 maanäytteessä. Totaalitypen määrä oli kohonnut 27 näytteessä. Mikrobeihin sitoutumattoman typen määrä oli laskenut 28 näytteessä ja kohonnut 25 näytteessä.

Mikrobitypen määrä oli lannoituksen seurauksena laskenut 23 näytteessä ja kohonnut 30 näytteessä.

Mikrobitypen ja totaalitypen määrä muuttuivat samaan suuntaan useimpien näytteiden kohdalla. Kuitenkin kahdeksassa näytteessä mikrobitypen määrä oli noussut vaikka totaalitypen määrä oli laskenut. Suurempi osuus totaalitypestä oli siis näiden näytteiden

kohdalla immobilisoituneena mikrobeihin. Nämä näytteet on merkitty tummennettuina liitteen 2 taulukkoon.

Vastaavasti viidessä näytteessä muutos oli päinvastainen, eli mikrobitypen määrä väheni vaikka kokonaistypen määrä kasvoi. Nämä näytteet on merkitty vaaleammalla tummennuksella liitteen 2 taulukkoon. Merkitsemättä on jätetty samalla tavoin käyttäytynyt näyte HI 08 C5, jonka mikrobitypen määräksi on saatu pieni negatiivinen arvo. Tulos selittyy keskihajonnalla, ja on itseisarvoltaan vain prosentin verran kokonaistypen määrästä.

Alun perin näytteitä oli 54 molemmilta vuosilta, mutta näytteet KA B3 top esiintyivät kahteen kertaan samoilla koodeilla mutta eri pitoisuustuloksilla. Toisiinsa sekoittumisen välttämiseksi tästä näytteestä ei laskettu tuloksia.

Typipitoisuuden vaihteluväli

Määrittämisessä vertailumaanäytteiden typipitoisuus vaihteli välillä 13 - 854 mg per kuivapainokilogramma. Fumigoitujen näytteiden pitoisuudet puolestaan asettuivat välille 19 - 1153 mg per kuivapainokilogramma. Fumigoidut näytteet tuottivat aina suuremman typipitoisuuden arvon, josta voidaan päätellä kaikkien näytteiden sisältäneen mikrobeihin sitoutunutta, immobilisoitunutta typpeä.

Mikrobitypen tarkka määrä ja osuus kokonaistypestä vaihteli eri näytteiden välillä suuresti. Eri näytteet antoivat mikrobitypelle arvoja 1 - 376 mg kuivapainokilogrammaa kohden vuodelle 2007, ja 1 - 233 mg kuivapainokilogrammaa kohden vuodelle 2008. Keskimäärin vuoden 2007 näytteet sisälsivät 83,5 mg, ja 2008 vuoden näytteet 78,7 mg mikrobityppeä kuivapainokilogrammaa kohden.

Kun vertaillaan samalta puskurivyöhykkeeltä tulleiden näytteiden mikrobitypen muutosta, saadaan taulukon 1 mukaiset keskiarvot:

Taulukko 1. Mikrobitypen muutokset näytteenottopaikoittain. Lukuarvot ovat yksikköä milligrammaa kuivapainokilogrammassa maata. Tummennetuissa näytteenottopaikoissa mikrobitypen määrä on vähentynyt.

AS	-27,6
KA	10,7
VA	-10,0
MU	-4,2
HI	18,3

Monissa tutkimuksen kohteena olleista puskurivyöhykkeistä mikrobitypen määrä oli vähentynyt lannoituksen jälkeen.

9.3 Alanäytteiden keskihajonta

Sekä vertailunäytteen että fumigoidun näytteen taulukossa 2 ilmoitetut typpipitoisuudet ovat keskiarvoja kolmen rinnakkaisen alanäytteen typpipitoisuuksista. Rinnakkaisten alanäytteiden välisiä eroja ja siten näytematriisin homogeenisyyttä ja määrittelyn luotettavuutta tarkastellaksemme määritettiin alanäytteiden typpikonsentraation suhteellinen keskihajonta kullekin näytteelle. Suhteellinen keskihajonta oli pienimmillään 0,4 % ja suurimmillaan 46 %. Näin suuren suhteellisen keskihajonnan aiheutti kuitenkin vain yksi näyte (VA 08 B2 top, fumigoidut). Saman näytteen vertailunäytteet (fumigoimattomat) antoivat 15 %:n suhteellisen keskihajonnan.

Suurimmalla osalla alanäytteitä suhteellinen keskihajonta jäi alle 10 %, ja vain muutamalla kohosi yli 20 %.

Tarkat arvot löytyvät liitteen 3 taulukosta sarakkeesta kesk.haj/ka (%).

9.4 Virhelähteitä

9.4.1 Näytekoodeihin liittyneet epäselvyydet

Huomionarvoista on, että samasta paikasta eri vuosina poimitut näytteet eivät usein olleet tunnuksensa loppuosalta täysin identtisiä. Näytteenottopaikan kaksikirjaiminen

lyhenne ja tarkempi kirjain-numerokoordinaatti vastaavat toisiaan, mutta osassa näytteenottosyvyyttä vastaavat tiedot (p, top, ke2, ke4 jne) eivät vastaa toisiaan vuoden 2007 ja 2008 välillä. Osasta koordinaatteja löytyi myös näyte vain toiselle vuodelle. Näiltä koordinaateilta ei luonnollisesti voitu laskea typen pitoisuusmuutoksia (AS B2, AS B3, MU A5). Taulukossa 2 niitä ilmaisevat solut on jätetty tyhjiksi.

Kahden näytteen osalta vuodelta 2008 löytyi kaksi eri näytettä identtisillä tiedoilla, (VA 08 B2 top ja MU 08 D4 top) joista määritetyt typpipitoisuudet eivät kuitenkaan vastanneet lainkaan toisiaan. On mahdotonta jälkikäteen sanoa, olivatko koodit menneet sekaisin analyysivaiheessa esimerkiksi edellä mainittujen yksinäisten näytteiden kanssa, vai oliko sekaannus tapahtunut jo aiemmin näytteiden nimeämis- tai varastointivaiheessa.

9.4.2 Fumigaatioeksikaattorin vakuumi

Fumigaatiota käsittelevässä kappaleessa 7.4 on selvitetty fumigaatioprosessin suoritus. 24 tunnin fumigaation jälkeen eksikaattorin ilmaventtiilin avaaminen ei kuitenkaan aiheuttanut alipaineesta kertovaa sihinää. Eksikaattori oli joko vuotanut hitaasti ilmaa sisäänsä, tai kostutettujen käsipyyhkeiden ja kloroformin haihtuminen oli kompensoinut paine-eron. Johtavan erikoistutkijan ohjeesta menetelmää kuitenkin jatkettiin normaalisti. Kloroformin evakuoinnissa toistuvat lyhyet vakuumikäsittelyt aiheuttivat selvää kloroformin poistumista ilmaisevaa kuplintaa näytteissä, eli näytteet olivat joka tapauksessa altistuneet kloroformille 24 tunnin ajan.

10 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää lannoituksen seurauksena mahdollisesti syntyneet mikrobi- ja totaalityppimäärien muutokset. Lähes kaikkia koordinaatteja vastaavat näytteet saatiin määritettyä, joskin muutaman kanssa ilmeni ongelmia ja ne täytyi jättää määrittämisen ulkopuolelle.

Typpipitoisuuden lasku lannoituksen jälkeen osassa näytteitä tuntui yllättävältä tulokselta, joka saattaa selittyä esimerkiksi koordinaatin kaukaisella sijainnilla lannoituspaikasta, huuhtoutumisen suuntautumisella toisaalle tai joko lannoituksen tai normaalin

luonnonkierron aiheuttamalla muutoksella kasvillisuus-, mikrobi- ja eliöpopulaatiossa kyseisessä kohdassa.

Selvittämättä valitettavasti jäi näytteiden rakenteen vaikutus typen pitoisuuteen ja sen immobilisoituneen ja mineralisoituneen muodon suhteisiin. Lisäksi näytteenottoa edeltäneiden sääolosuhteiden, erityisesti sateiden, sekä näytteiden kosteuden vaikutusta olisi voinut tarkastella enemmänkin kuin vain kuivapainoprosentin määrittämisellä. Tähän ei kuitenkaan ollut aikaa. Tarkemmat biologiset päätelmät tuloksista jäävät laajempaa puskurivyöhyketutkimusta tehneen tahon käsiin, jonka tutkimuksen osa tämä opin-
näytetyön tarjonnut projekti oli.

Projektiin osallistuminen tarjosi hienon kokemuksen laboratorioalan käytännön työtehtävistä useine erilaisine työskentelyvaiheineen.

Lähteet

- 1 Itä-Suomen yliopisto. 2006. Solunetti. verkkodokumentti. Saatavissa: <http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/typen_kierto/> Viitattu 11.11.2013.
- 2 Verkkodokumentti. <http://en.wikipedia.org/wiki/File:The_Nitrogen_Cycle.png> . Päivitetty 6.1.2013. Viitattu 12.11.2013.
- 3 Kukkonen, I. & Tanskanen, H. (toim.). 1992. Ympäristötieteelliset kartat ja kartoitushankkeet Suomessa. Geologian tutkimuskeskus, tutkimusraportti 115. Verkkodokumentti. Saatavissa: <http://arkisto.gtk.fi/tr/tr115/tr_115.pdf> Viitattu 11.11.2013.
- 4 Wolters, V. & Joergensen, R.G. 1991. Microbial carbon turnover in beech forest soils at different stages of acidification. *Soil Biology and Biochemistry*. Volume 23, Issue 9, 1991.
- 5 Tamminen, P. 1991. Kangasmaan ravinnetunnusten ilmaiseminen ja viljavuuden alueellinen vaihtelu Etelä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitos, Helsinki, 1991.
- 6 Herman, W.A., McGill, W.B. & Dormaar J.F. 1977. Effects of initial chemical composition on decomposition of roots of three grass species. *Canadian Journal of Soil Science*, 1977, 57(2).
- 7 Gregorich, E.G. 1991. Turnover of carbon through the microbial biomass in soils with different texture. *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 23, Issue 8, 1991.
- 8 Leininger, S. Urich, T. Schlöter, M. Schwark, L. Qi, J. Nicol, G.W. Prosser, J.I. Schuster, S.C. & Schleper, C. 2006. Archaea predominate among ammonia-oxidizing prokaryotes in soils. *Nature* 442:7014.
- 9 Michigan State University. The Digital Learning Center for Microbial Ecology (DLC-ME). Online-tietokanta. Saatavissa: <<http://commtechlab.msu.edu/sites/dlc-me/zoo/zdrs0232.html>> Viitattu 12.11.2013.
- 10 Carlson, C. A. & Ingraham, J.L. 1983. Comparison of denitrification by *Pseudomonas stutzeri*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Paracoccus denitrificans*. *Applied and Environmental Microbiology*. April 1983 vol. 45 no. 4, s. 1247-1253.
- 11 Atlas, R.M. & Bartha, R. *Microbial Ecology: Fundamentals and Applications*. 3rd Ed. Benjamin-Cummings Publishing.
- 12 Seitzinger, S., Harrison, J.A., Bohlke, J.K., Bouwman, A.F., Lowrance, R., Peterson, B., Tobias, C. & Dreht, G.V. 2006. Denitrification Across Landscapes and Waterscapes: A Synthesis. *Ecological Applications* 16:2064-2090.

- 13 The Great Soviet Encyclopedia, 3rd Edition (1970-1979). 2010. The Gale Group, Inc.
- 14 Nieminen, M. 2004. Export of dissolved organic carbon, nitrogen and phosphorus following clear-cutting of three Norway spruce forests growing on drained peatlands in southern Finland. *Silva Fennica* 38(2).
- 15 Nieminen, M. 2003. Effects of clear-cutting and site preparation on water quality from a drained Scots pine mire in southern Finland. *Boreal Environment Research* 8.
- 16 Kenttämies, K. & Haapanen, M. 2006. Metsätalouden toimenpiteiden aiheuttama kasvinravinteiden huuhtoutuminen ja kansallisen metsäohjelman suositustason vaikutus siihen. Teoksessa: Kenttämies, K. & Mattsson, T. (toim.). *Metsätalouden vesistökuormitus. MESUVE-projektin loppuraportti*. Suomen ympäristö 816, Suomen ympäristökeskus.
- 17 Tamminen, P & Ilvesniemi, H. Maaperän hiili ja typpi luonnontilaisissa ja talousmetsissä. *Metlan työraportteja* 236. Metsätutkimuslaitos. Verkkodokumentti. <<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp236.pdf>> Viitattu: 14.11.2013
- 18 Jenkinson, D.S., Brookes, P.C. & Vance, E.D. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*. Volume 19, Issue 6, 1987, s. 703–707.
- 19 Sparling, G.P. & Williams, B.L.. Microbial biomass in organic soils: Estimation of biomass C, and effect of glucose or cellulose amendments on the amounts of N and P released by fumigation. *Soil Biology and Biochemistry*. Volume 18, Issue 5, 1986.
- 20 Ingham, E.R. & Horton, K.A. 1987. Bacterial, fungal and protozoan responses to chloroform fumigation in stored soil. *Soil Biology and Biochemistry*. Volume 19, Issue 5, 1987.
- 21 Hendricks, C.W. & Pascoe, N. 1988. Soil microbial biomass estimates using 2450 MHz microwave irradiation. *Plant and Soil*. Kluwer Academic Publishers. August (I), 1988, Volume 110, Issue 1.
- 22 Brookes, P.C., Landman, A., Pruden, G. & Jenkinson, D.S. 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: A rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry*. Volume 17, Issue 6, 1985.
- 23 Martikainen, P. & Palojärvi, A. 1990. Evaluation of the fumigation-extraction method for the determination of microbial C and N in a range of forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*. Volume 22, Issue 6, 1990.

- 24 Flow injection analysis: Principles, techniques, applications, design. Verkkodokumentti. Saatavissa: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ac00224a001>> Viitattu: 18.11.2013. Alkuperäinen artikkeli: Analytical Chemistry, 1981, 53 (1), pp 20A–32A.
- 25 Skoog, D.A., Holler, F.J. & Nieman, T.A. Principles of instrumental analysis (fifth edition). Julkaistu: Philadelphia, (PA): Harcourt Brace College, 1998.
- 26 Verkkodokumentti. Saatavissa: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Griess_Test_Reaction.svg> Luotu 20.9.2011. Viitattu 15.11.2013.
- 27 Crompton, T.R. 2000. Determination of Organic Compounds in Natural and Treated Waters. E & FN Spon. s. 786.

Reagenssit virtausajoon

Reagenssien annetaan tasapainottua huoneenlämpötilaan ennen liuosten valmistamista.

Laatuluokan 1 vesi (esim Maxima tai Milli-Q)

Ammoniumhydroksidi NH_4OH , p.a., ($M=35,05$ g/mol), J.T. Baker 6051

Etyleenidiamiinitetraetikkahapon dinatriumsuola eli EDTA $\text{Na}_2\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, p.a., ($M=372,24$ g/mol) Merck 108418

Ammoniumkloridipuskuri, pH 8,5:

Liuotetaan 170 g ammoniumkloridia ja 2 g EDTA Na_2 :a n. 1600 ml:aan vettä, lisätään ammoniumhydroksidia kunnes liuoksen pH on 8,5. Sekoitetaan ja täytetään 2000 ml:ksi. Liuos säilyy yhden kuukauden.

Natriumhydroksidi, NaOH , p.a., ($M=40,00$ g/mol), J.T. Baker 0403

Natriumhydroksidiliuos, 0,24 M NaOH:

Liuotetaan 19,2 g natriumhydroksidia 2 litraan vettä. Liuos säilyy 6 kuukautta.

Kaliumpersulfaatti, $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, p.a., ($M=270,33$ g/mol), J.T. Baker 0239

Hapetusliuos:

Liuotetaan 100 g kaliumpersulfaattia 0,24 M NaOH-liuokseen ja täytetään kahdeksi litraksi. Liuosta säilytetään huoneenlämmössä pimeässä. Reagenssi säilyy viikon.

Suolahappo, HCl, 37 %, p.a., (M=36,46 g/mol), J.T. Baker 6081

Suolahappoliuos, 1 M HCl:

Laimennetaan 37 % suolahappoa 86 ml vedellä 1000 ml:ksi. Liuos säilyy vähintään 6 kuukautta.

Kuparisulfaatti, $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, p.a., (M=249,68 g/mol)

Kuparisulfaattiliuos, 10 % CuSO_4 :

Liuetetaan 100 g kuparisulfaattia veteen ja täytetään 1000 ml:ksi. Liuos säilyy 6 kuukautta.

Kadmiumrakeet, Cd, 0,3 - 1,5 mm, p.a., (M=112,40 g/mol), Merck 102001

(Huom. Kadmiumrakeita ja -liuoksia käsiteltävä vetokaapissa. Kadmium on syöpävaarallinen.

N-(1-naftyyli)-etyleenidiamiinidihydrokloridi, $\text{C}_{12}\text{H}_{14}\text{N}_2 \cdot 2 \text{HCl}$, p.a., (M=259,18 g/mol)

Fosforihappo, H_3PO_4 , 85 %, (M=98,0 g/mol)

Sulfaniiliamidi, $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$, p.a., (M=172,20 g/mol)

Sulfaniilamidiväriagenssi:

Kahden litran mittapulloon laitetaan vettä 1000 - 1200 ml ja lisätään 200 ml 85 % fosforihappoa. Tähän liuokseen lisätään 80 g sulfaniiliamidia ja 2 g N-(1-naftyyli)-etyleenidiamiinidihydrokloridia. Täytetään merkkiin vedellä, sekoitetaan ja pidetään ultraäänilaitteessa puoli tuntia. Liuos säilytetään tummassa pullossa ja se säilyy kuukauden.

Natriumnitriitti, NaNO_2 , p.a., ($M=68,99$ g/mol)

Huom! Natriumnitriitti on myrkyllinen! Reagenssi säilytetään lukitussa tilassa ja käsittelyssä noudatetaan käyttöturvallisuustiedotteen mukaisia ohjeita.

Kolonnin tarkistus, perusliuos 1, nitriittiliuos 1000 mg/l N:

Liuotetaan 0,4924 g natriumnitriittia 100 ml:aan vettä. Liuos säilyy 6 kk.

Kolonnin tarkistus, työliuos 1, nitriittiliuos 1,0 mg/l N:

Kolonnin tarkistuksen perusliuosta 1 laimennetaan 0,1 ml 100 ml:ksi vedellä. Liuos säilyy viikon.

Kolonnin tarkistus, työliuos 2, nitraattiliuos 1,0 mg/l N:

Laimennetaan perusstandardiliuosta 2 1,0 ml 100 ml:n vettä. Liuos säilyy noin viikon.

DQM-kontrolliliuos, ammoniumliuos 100 mg/l N:

Kaupallinen kontrolliliuos, AccuStandard Inc. IC-NH₄-N-1X-1 100 ug/ml.

DQM-työkontrolliliuos, ammoniumliuos 0,4 mg/l N ja 1 mg/l N tai 5 mg/l N:

Laimennetaan DQM-kontrolliliuosta 0,4 ml, 1,0 ml ja 5,0 ml 100 ml:ksi vedellä. Liuokset säilyvät viikon.

Kaliumsulfaatti, K_2SO_4 , p.a., ($M=174,3$ g/mol)

Kaliumsulfaattiliuos, 0,5 M:

Punnitaan 174,3 g kaliumsulfaattia ja liuotetaan 2 litraan vettä 2 litran mittapullossa.

Näytekohtaiset tulokset

Taulukko 2. Kaikki lukuarvot ovat muotoa mg typpeä kuivapainokilogrammaa maata kohden.

		N mg/kp-kg								
		2007		2008		vertailu	fumigoidut	mikrobi-N	mikrobi-N	mikrobi-N
		fumigoidut	vertailu	fumigoidut	vertailu	erotus 08-07	erotus 08-07	2007	2008	erotus 08-07
AS	AS A1	166,47	67,39	328,87	156,33	88,94	162,40	99,08	172,54	73,46
	AS B1	374,05	304,92	278,13	206,24	-98,68	-95,91	69,13	71,90	2,77
	AS B2	278,87	161,18					117,70		
	AS B3	680,80	364,97					315,83		
	AS C1	48,71	27,08	267,18	145,64	118,56	218,47	21,63	121,53	99,91
	AS C3	635,13	478,13	453,17	379,30	-98,83	-181,96	157,00	73,88	-83,13
	AS C5	504,55	409,04	656,19	511,01	101,98	151,63	95,52	145,17	49,66
	AS D1	757,90	638,62	816,58	657,15	18,52	58,69	119,27	159,44	40,16
	AS D3	749,05	481,16	534,79	457,28	-23,88	-214,27	267,89	77,50	-190,39
	AS D5	941,64	805,25	473,47	362,95	-442,30	-468,16	136,39	110,52	-25,86
	AS E2	769,01	393,09	584,25	423,45	30,36	-184,76	375,92	160,81	-215,12
KA	KA A1	227,82	226,65	319,03	251,10	24,46	91,21	1,17	67,92	66,75
	KA B1	446,88	393,43	410,97	318,68	-74,75	-35,91	53,45	92,29	38,84
	KA B2	399,74	368,20	199,94	147,05	-221,15	-199,80	31,54	52,89	21,35
	KA C1	1153,17	853,96	244,85	175,51	-678,45	-908,32	299,21	69,34	-229,87
	KA C2	400,10	287,94	305,27	232,44	-55,50	-94,82	112,16	72,84	-39,32
	KA C3	352,09	264,20	561,02	367,00	102,81	208,93	87,89	194,01	106,12
	KA D1	547,53	489,24	389,30	315,75	-173,50	-158,24	58,29	73,55	15,26
	KA D2	594,16	513,00	459,80	413,03	-99,98	-134,36	81,16	46,78	-34,38
	KA D3	445,44	353,30	628,19	490,67	137,37	182,75	92,14	137,52	45,38
	KA E2	592,95	493,88	326,38	253,75	-240,12	-266,58	99,08	72,62	-26,46
	KA F2	584,72	500,07	587,96	436,15	-63,92	3,24	84,65	151,81	67,16
	KA G2	895,23	788,74	689,87	485,64	-303,10	-205,37	106,49	204,22	97,73
VA	VA A1	29,17	12,99	49,00	31,70	18,71	19,83	16,18	17,30	1,12
	VA B1	29,95	20,62	87,16	49,67	29,06	57,21	9,34	37,48	28,15
	VA B2	40,51	32,25	67,55	39,69	7,44	27,04	8,26	27,86	19,59
				18,73	17,77				0,96	
	VA B3	88,62	53,80	57,90	44,36	-9,44	-30,72	34,82	13,55	-21,27
	VA C1	309,94	178,94	141,17	77,26	-101,67	-168,77	131,00	63,90	-67,10
	VA C3	51,10	28,39	50,63	32,82	4,43	-0,47	22,70	17,80	-4,90
	VA C5	254,27	167,99	251,24	115,94	-52,05	-3,03	86,29	135,31	49,02
	VA D1	347,18	152,61	210,11	126,36	-26,25	-137,06	194,57	83,76	-110,81
	VA D3	115,66	75,53	140,55	117,37	41,83	24,90	40,12	23,19	-16,93
	VA D5	280,68	142,79	200,79	105,95	-36,84	-79,89	137,90	94,85	-43,05
	VA E2	345,04	167,70	394,36	161,15	-6,55	49,31	177,34	233,20	55,86

		2007		2008		vertailu	fumigoidut	mikrobi-N	mikrobi-N	mikrobi-N
		fumigoidut	vertailu	fumigoidut	vertailu	erotus 08-07	erotus 08-07	2007	2008	erotus 08-07
MU	MU A1	124,59	89,67	100,24	69,32	-20,35	-24,36	34,92	30,92	-4,00
	MU A3	79,94	59,03	70,85	55,64	-3,39	-9,09	20,91	15,21	-5,70
	MU A5	163,84	117,73					46,11		
	MU B1	87,73	61,98	142,55	100,91	38,93	54,82	25,75	41,64	15,89
	MU B3	108,65	86,99	115,13	80,68	-6,31	6,48	21,67	34,46	12,79
	MU B5	115,61	78,70	208,31	154,69	75,99	92,70	36,91	53,62	16,72
	MU C1	142,83	86,46	163,83	116,57	30,11	21,00	56,37	47,26	-9,12
	MU C3	340,83	214,62	382,31	267,70	53,08	41,47	126,21	114,60	-11,61
	MU C5	167,29	114,13	133,27	103,05	-11,08	-34,03	53,16	30,21	-22,95
	MU D2	456,96	278,80	281,70	159,03	-119,77	-175,26	178,17	122,67	-55,49
	MU D4	128,66	97,74	128,68	75,85	-21,89	0,01	30,92	52,83	21,91
HI				250,33	138,67				111,66	
	HI A1	118,86	105,73	461,00	431,40	325,67	342,14	13,12	29,59	16,47
	HI B1	80,79	73,72	78,67	69,54	-4,19	-2,12	7,07	9,13	2,06
	HI B2	219,12	196,18	488,36	403,12	206,94	269,24	22,93	85,24	62,31
	HI B3	135,26	112,48	413,20	361,82	249,34	277,93	22,78	51,37	28,59
	HI C1	181,02	144,29	195,96	178,85	34,55	14,94	36,72	17,11	-19,61
	HI C3	244,90	204,76	790,61	754,74	549,98	545,71	40,15	35,88	-4,27
	HI C5	101,82	85,75	665,55	672,93	587,18	563,73	16,07	-7,38	-23,44
	HI D1	388,57	339,67	382,43	303,76	-35,91	-6,14	48,90	78,67	29,77
	HI D3	261,18	237,42	517,68	469,17	231,75	256,50	23,76	48,51	24,75
	HI D5	393,46	333,26	356,78	268,63	-64,63	-36,69	60,20	88,14	27,94
	HI E2	375,60	361,85	502,24	431,51	69,65	126,64	13,75	70,73	56,98

Tarkat arvot

Taulukko 3

					N-tot						fum-	keskihajonta	kesk.haj/
AS					(mg/l)	kp-g	mg/näyte	mg/kp-g	mg/kp-kg	ka	eifum	(mg/kp-kg)	ka (%)
AS	0,07	A1	KE4	A	15,5	3,664343	0,775	0,2115	211,50	166,47	99,08	63,67	38,25
AS	0,07	A1	KE4	B	9,7	3,976944	0,483	0,1215	121,45				
AS	0,07	A1	KE4	D	3,8	4,830419	0,1895	0,0392	39,23				
AS	0,07	A1	KE4	E	5,6	4,020926	0,28	0,0696	69,64	67,39		27,11	40,23
AS	0,07	A1	KE4	F	7,7	4,11507	0,384	0,0933	93,32				
AS	0,08	A1	top	A	11,2	1,648472	0,56	0,3397	339,71				
AS	0,08	A1	top	B	10,0	1,535983	0,5	0,3255	325,52	328,87	172,54	9,61	2,92
AS	0,08	A1	top	C	11,1	1,726873	0,555	0,3214	321,39				
AS	0,08	A1	top	D	4,5	1,528074	0,225	0,1472	147,24				
AS	0,08	A1	top	E	5,8	1,729463	0,292	0,1688	168,84	156,33		11,20	7,16
AS	0,08	A1	top	F	4,8	1,556435	0,238	0,1529	152,91				
AS	0,07	B1	KE3	A	14,0	1,738265	0,7	0,4027	402,70				
AS	0,07	B1	KE3	B	12,5	1,707593	0,625	0,3660	366,01	374,05	69,13	25,60	6,84
AS	0,07	B1	KE3	C	12,6	1,782512	0,63	0,3534	353,43				
AS	0,07	B1	KE3	D	10,9	1,807571	0,545	0,3015	301,51	304,92		4,83	1,58
AS	0,07	B1	KE3	E	11,1	1,800001	0,555	0,3083	308,33				
AS	0,08	B1	top	A	14,2	2,470793	0,71	0,2874	287,36				
AS	0,08	B1	top	B	13,6	2,543162	0,68	0,2674	267,38	278,13	71,90	10,07	3,62
AS	0,08	B1	top	C	14,1	2,52091	0,705	0,2797	279,66				
AS	0,08	B1	top	D	10,4	2,488434	0,52	0,2090	208,97				
AS	0,08	B1	top	E	10,9	2,519707	0,545	0,2163	216,29	206,24		11,67	5,66
AS	0,08	B1	top	F	10,0	2,58466	0,5	0,1934	193,45				
AS	0,07	B2	KE2	A	12,4	2,010285	0,62	0,3084	308,41				
AS	0,07	B2	KE2	B	10,4	1,95062	0,52	0,2666	266,58	278,87	117,70	25,71	9,22
AS	0,07	B2	KE2	C	11,2	2,14054	0,56	0,2616	261,62				
AS	0,07	B2	KE2	D	7,0	2,269449	0,351	0,1547	154,66				
AS	0,07	B2	KE2	E	6,9	2,067597	0,346	0,1673	167,34	161,18		6,35	3,94
AS	0,07	B2	KE2	F	7,4	2,284576	0,369	0,1615	161,52				
AS	0,07	B3	KE3	A	11,8	0,819637	0,59	0,7198	719,83				
AS	0,07	B3	KE3	B	11,3	0,879225	0,565	0,6426	642,61	680,80	315,83	38,62	5,67
AS	0,07	B3	KE3	C	11,5	0,845642	0,575	0,6800	679,96				
AS	0,07	B3	KE3	D	5,6	0,861676	0,281	0,3261	326,11				
AS	0,07	B3	KE3	E	6,0	0,843328	0,3	0,3557	355,73	364,97		44,21	12,11
AS	0,07	B3	KE3	F	7,3	0,883612	0,365	0,4131	413,08				
AS	0,07	C1	KE2	A	6,2	6,737725	0,31	0,0460	46,01				
AS	0,07	C1	KE2	B	7,4	6,987172	0,371	0,0531	53,10	48,71	21,63	3,83	7,87
AS	0,07	C1	KE2	C	6,8	7,252209	0,341	0,0470	47,02				
AS	0,07	C1	KE2	D	3,8	7,20811	0,19	0,0264	26,36				
AS	0,07	C1	KE2	E	3,7	7,168911	0,1845	0,0257	25,74	27,08		1,82	6,71
AS	0,07	C1	KE2	F	4,6	7,89097	0,23	0,0291	29,15				
AS	0,08	C1	top	A	5,6	1,022691	0,28	0,2738	273,79				
AS	0,08	C1	top	B	5,7	0,932247	0,285	0,3057	305,71	267,18	121,53	42,23	15,81

											Liite 3		
											2 (15)		
AS	0,08	C1	top	C	4,5	1,008867	0,224	0,2220	222,03		145,64	6,69	4,59
AS	0,08	C1	top	D	3,2	1,034575	0,1575	0,1522	152,24				
AS	0,08	C1	top	E	2,7	0,968576	0,1345	0,1389	138,86				
AS	0,08	C1	top	F	2,8	0,966891	0,141	0,1458	145,83				
AS	0,07	C3	KE3	A	14,7	1,146153	0,735	0,6413	641,28		157,00	17,60	2,77
AS	0,07	C3	KE3	B	12,8	0,98638	0,64	0,6488	648,84	635,13			
AS	0,07	C3	KE3	C	13,1	1,06455	0,655	0,6153	615,28				
AS	0,07	C3	KE3	D	10,1	1,029087	0,505	0,4907	490,73				
AS	0,07	C3	KE3	E	9,8	1,045579	0,488	0,4667	466,73	478,13	73,88	34,53	7,62
AS	0,07	C3	KE3	F	10,5	1,100776	0,525	0,4769	476,94				
AS	0,08	C3	top	A	13,6	1,601302	0,68	0,4247	424,65				
AS	0,08	C3	top	B	15,7	1,59692	0,785	0,4916	491,57	453,17			
AS	0,08	C3	top	C	15,0	1,691872	0,75	0,4433	443,30		379,30	22,08	5,82
AS	0,08	C3	top	D	12,9	1,636893	0,645	0,3940	394,04				
AS	0,08	C3	top	E	11,7	1,652962	0,585	0,3539	353,91				
AS	0,08	C3	top	F	13,0	1,666906	0,65	0,3899	389,94				
AS	0,07	C5	KE3	A	14,2	1,42467	0,71	0,4984	498,36		95,52	5,66	1,12
AS	0,07	C5	KE3	B	14,7	1,44274	0,735	0,5094	509,45	504,55			
AS	0,07	C5	KE3	C	15,3	1,51229	0,765	0,5059	505,86				
AS	0,07	C5	KE3	D	11,7	1,49994	0,585	0,3900	390,02				
AS	0,07	C5	KE3	E	13,0	1,56013	0,65	0,4166	416,63	409,04	145,17	36,06	5,50
AS	0,07	C5	KE3	F	11,2	1,33185	0,56	0,4205	420,47				
AS	0,08	C5	top	A	18,5	1,386818	0,925	0,6670	666,99				
AS	0,08	C5	top	B	17,6	1,428663	0,88	0,6160	615,96	656,19			
AS	0,08	C5	top	C	19,4	1,414799	0,97	0,6856	685,61		511,01	16,92	3,31
AS	0,08	C5	top	D	13,4	1,350014	0,67	0,4963	496,29				
AS	0,08	C5	top	E	14,6	1,439125	0,73	0,5073	507,25				
AS	0,08	C5	top	F	15,0	1,416438	0,75	0,5295	529,50				
AS	0,07	D1	KE3	A	14,3	0,958466	0,715	0,7460	745,98		119,27	34,90	4,60
AS	0,07	D1	KE3	B	13,5	0,846721	0,675	0,7972	797,19	757,90			
AS	0,07	D1	KE3	C	13,3	0,910314	0,665	0,7305	730,52				
AS	0,07	D1	KE3	D	11,9	0,951326	0,595	0,6254	625,44				
AS	0,07	D1	KE3	E	11,9	0,946179	0,595	0,6288	628,85	638,62	159,44	6,63	0,81
AS	0,07	D1	KE3	F	12,0	0,90691	0,6	0,6616	661,59				
AS	0,08	D1	top	A	15,0	0,926908	0,75	0,8091	809,14				
AS	0,08	D1	top	B	15,6	0,952676	0,78	0,8187	818,75	816,58			
AS	0,08	D1	top	C	14,2	0,863891	0,71	0,8219	821,86		657,15	16,20	2,47
AS	0,08	D1	top	D	11,2	0,868351	0,56	0,6449	644,90				
AS	0,08	D1	top	E	12,9	0,954823	0,645	0,6755	675,52				
AS	0,08	D1	top	F	12,2	0,936984	0,61	0,6510	651,03				
AS	0,07	D3	KE3	A	14,5	0,919815	0,725	0,7882	788,20		267,89	39,66	5,30
AS	0,07	D3	KE3	B	14,9	1,050932	0,745	0,7089	708,89	749,05			
AS	0,07	D3	KE3	C	13,5	0,899927	0,675	0,7501	750,06				
AS	0,07	D3	KE3	D	10,6	1,083553	0,53	0,4891	489,13				
AS	0,07	D3	KE3	E	10,1	1,075977	0,505	0,4693	469,34	481,16	77,50	28,64	5,36
AS	0,07	D3	KE3	F	11,8	1,216459	0,59	0,4850	485,01				
AS	0,08	D3	top	A	13,0	1,155585	0,65	0,5625	562,49				
AS	0,08	D3	top	B	12,6	1,174103	0,63	0,5366	536,58	534,79			

											Liite 3		
											3 (15)		
AS	0,08	D3	top	C	11,9	1,177541	0,595	0,5053	505,29		457,28	23,12	5,06
AS	0,08	D3	top	D	10,7	1,242079	0,535	0,4307	430,73				
AS	0,08	D3	top	E	11,2	1,19617	0,56	0,4682	468,16				
AS	0,08	D3	top	F	11,6	1,226333	0,58	0,4730	472,95				
AS	0,07	D5	KE2	A	16,1	0,84226	0,805	0,9558	955,76		136,39	12,31	1,31
AS	0,07	D5	KE2	B	15,4	0,825141	0,77	0,9332	933,17	941,64			
AS	0,07	D5	KE2	C	15,8	0,844039	0,79	0,9360	935,98				
AS	0,07	D5	KE2	D	12,9	0,807577	0,645	0,7987	798,69				
AS	0,07	D5	KE2	E	14,0	0,840778	0,7	0,8326	832,56	805,25	110,52	24,69	3,07
AS	0,07	D5	KE2	F	14,3	0,911405	0,715	0,7845	784,50				
AS	0,08	D5	top	A	8,7	0,953675	0,437	0,4582	458,23				
AS	0,08	D5	top	B	9,5	0,950329	0,473	0,4977	497,72	473,47			
AS	0,08	D5	top	C	9,0	0,966697	0,449	0,4645	464,47		362,95	9,79	2,70
AS	0,08	D5	top	D	7,3	1,026381	0,363	0,3537	353,67				
AS	0,08	D5	top	E	7,1	0,983426	0,356	0,3620	362,00				
AS	0,08	D5	top	F	7,9	1,058483	0,395	0,3732	373,18				
AS	0,07	E2	IKE3	A	16,0	0,896963	0,8	0,8919	891,90		375,92	112,47	14,62
AS	0,07	E2	IKE3	B	12,9	0,867011	0,645	0,7439	743,94	769,01			
AS	0,07	E2	IKE3	C	14,9	1,109956	0,745	0,6712	671,20				
AS	0,07	E2	IKE3	D	6,9	0,951814	0,343	0,3604	360,36				
AS	0,07	E2	IKE3	E	6,5	0,931599	0,327	0,3510	351,01	393,09	160,81	18,35	3,14
AS	0,07	E2	IKE3	F	10,6	1,132759	0,53	0,4679	467,88				
AS	0,08	E2	top	A	9,1	0,768327	0,455	0,5922	592,20				
AS	0,08	E2	top	B	9,9	0,828739	0,495	0,5973	597,29	584,25			
AS	0,08	E2	top	C	10,2	0,90543	0,51	0,5633	563,27		423,45	13,40	3,16
AS	0,08	E2	top	D	7,2	0,870237	0,358	0,4114	411,38				
AS	0,08	E2	top	E	7,5	0,854146	0,374	0,4379	437,86				
AS	0,08	E2	top	F	7,9	0,942788	0,397	0,4211	421,09				
KA													
KA	0,07	A1	P	A	10,2	2,101893	0,51	0,2426	242,64		1,17	13,04	5,73
KA	0,07	A1	P	B	9,6	2,200938	0,48	0,2181	218,09	227,82			
KA	0,07	A1	P	C	9,0	2,015952	0,449	0,2227	222,72				
KA	0,07	A1	P	D	8,9	2,027014	0,445	0,2195	219,53				
KA	0,07	A1	P	E	9,1	2,067006	0,455	0,2201	220,13	226,65	67,92	24,96	7,83
KA	0,07	A1	P	F	9,6	2,001827	0,481	0,2403	240,28				
KA	0,08	A1	top	A	9,8	1,437957	0,491	0,3415	341,46				
KA	0,08	A1	top	B	8,7	1,492482	0,436	0,2921	292,13	319,03			
KA	0,08	A1	top	C	9,3	1,437453	0,465	0,3235	323,49		251,10	25,12	10,00
KA	0,08	A1	top	D	6,3	1,402222	0,313	0,2232	223,22				
KA	0,08	A1	top	E	7,7	1,491475	0,385	0,2581	258,13				
KA	0,08	A1	top	F	8,2	1,50389	0,409	0,2720	271,96				
KA	0,07	B1	P	A	12,8	1,370192	0,64	0,4671	467,09		53,45	33,70	7,54
KA	0,07	B1	P	B	11,4	1,397148	0,57	0,4080	407,97	446,88			
KA	0,07	B1	P	C	13,3	1,428373	0,665	0,4656	465,56				
KA	0,07	B1	P	D	11,5	1,348963	0,575	0,4263	426,25				
KA	0,07	B1	P	E	11,6	1,419612	0,58	0,4086	408,56	393,43		42,47	10,79
KA	0,07	B1	P	F	9,4	1,36626	0,472	0,3455	345,47				
KA	0,08	B1	top	A	10,4	1,26421	0,52	0,4113	411,32				

													Liite 3
													4 (15)
KA	0,08	B1	top	B	10,7	1,269502	0,535	0,4214	421,43	410,97	92,29	10,64	2,59
KA	0,08	B1	top	C	10,0	1,249511	0,5	0,4002	400,16				
KA	0,08	B1	top	D	8,3	1,279379	0,413	0,3228	322,81				
KA	0,08	B1	top	E	7,8	1,269031	0,39	0,3073	307,32	318,68		9,96	3,13
KA	0,08	B1	top	F	7,9	1,218115	0,397	0,3259	325,91				
KA	0,07	B2	P	A	11,1	1,334695	0,555	0,4158	415,83				
KA	0,07	B2	P	B	11,0	1,380485	0,55	0,3984	398,41	399,74	31,54	15,46	3,87
KA	0,07	B2	P	C	10,2	1,324686	0,51	0,3850	385,00				
KA	0,07	B2	P	D	7,6	1,365068	0,379	0,2776	277,64				
KA	0,07	B2	P	E	10,3	1,306278	0,515	0,3943	394,25	368,20		80,75	21,93
KA	0,07	B2	P	F	11,1	1,282577	0,555	0,4327	432,72				
KA	0,08	B2	top	A	6,5	1,672162	0,324	0,1938	193,76				
KA	0,08	B2	top	B	6,7	1,650776	0,334	0,2023	202,33	199,94	52,89	5,40	2,70
KA	0,08	B2	top	C	6,7	1,654113	0,337	0,2037	203,73				
KA	0,08	B2	top	D	4,4	1,673678	0,219	0,1308	130,85				
KA	0,08	B2	top	E	4,2	1,619987	0,208	0,1284	128,40	147,05		30,21	20,55
KA	0,08	B2	top	F	6,0	1,638188	0,298	0,1819	181,91				
KA	0,07	C1	P	A	19,3	0,862796	0,965	1,1185	1118,46				
KA	0,07	C1	P	B	21,3	0,880047	1,065	1,2102	1210,16	1153,17	299,21	49,75	4,31
KA	0,07	C1	P	C	20,4	0,90194	1,02	1,1309	1130,90				
KA	0,07	C1	P	D	14,0	0,887938	0,7	0,7883	788,34				
KA	0,07	C1	P	E	14,6	0,895055	0,73	0,8156	815,59	853,96		91,07	10,66
KA	0,07	C1	P	F	17,2	0,897763	0,86	0,9579	957,94				
KA	0,08	C1	top	A	10,5	1,99713	0,525	0,2629	262,88				
KA	0,08	C1	top	B	10,3	2,0862	0,515	0,2469	246,86	244,85	69,34	19,11	7,81
KA	0,08	C1	top	C	9,2	2,046145	0,46	0,2248	224,81				
KA	0,08	C1	top	D	7,5	1,991684	0,375	0,1883	188,28				
KA	0,08	C1	top	E	7,4	2,057916	0,372	0,1808	180,77	175,51		16,06	9,15
KA	0,08	C1	top	F	6,5	2,063713	0,325	0,1575	157,48				
KA	0,07	C2	P	A	10,3	1,340273	0,515	0,3843	384,25				
KA	0,07	C2	P	B	11,2	1,39374	0,56	0,4018	401,80	400,10	112,16	15,07	3,77
KA	0,07	C2	P	C	11,3	1,363943	0,565	0,4142	414,24				
KA	0,07	C2	P	D	8,0	1,38569	0,399	0,2879	287,94				
KA	0,07	C2	P	E	8,0	1,345199	0,398	0,2959	295,87	287,94		7,93	2,75
KA	0,07	C2	P	F	7,8	1,38569	0,388	0,2800	280,00				
KA	0,08	C2	top	A	8,1	1,359416	0,403	0,2965	296,45				
KA	0,08	C2	top	B	9,4	1,396004	0,468	0,3352	335,24	305,27	72,84	26,68	8,74
KA	0,08	C2	top	C	7,9	1,390227	0,395	0,2841	284,13				
KA	0,08	C2	top	D	5,9	1,327706	0,296	0,2229	222,94				
KA	0,08	C2	top	E	6,8	1,399214	0,339	0,2423	242,28	232,44		9,67	4,16
KA	0,08	C2	top	F	6,5	1,396004	0,324	0,2321	232,09				
KA	0,07	C3	P	A	11,3	1,947521	0,565	0,2901	290,11				
KA	0,07	C3	P	B	15,0	1,899743	0,75	0,3948	394,79	352,09	87,89	54,94	15,60
KA	0,07	C3	P	C	14,7	1,979159	0,735	0,3714	371,37				
KA	0,07	C3	P	D	9,7	1,82624	0,485	0,2656	265,57				
KA	0,07	C3	P	E	11,2	1,994019	0,56	0,2808	280,84	264,20		17,37	6,58
KA	0,07	C3	P	F	8,9	1,811699	0,446	0,2462	246,18				
KA	0,08	C3	top	A	11,1	1,054786	0,555	0,5262	526,17				

Liite 3													
5 (15)													
KA	0,08	C3	top	B	12,4	1,072641	0,62	0,5780	578,01	561,02	194,01	30,18	5,38
KA	0,08	C3	top	C	12,3	1,062424	0,615	0,5789	578,86				
KA	0,08	C3	top	D	8,0	1,070558	0,399	0,3727	372,70				
KA	0,08	C3	top	E	7,8	1,071153	0,391	0,3650	365,03	367,00		5,01	1,37
KA	0,08	C3	top	F	7,9	1,087321	0,395	0,3633	363,28				
KA	0,07	D1	P	A	6,9	0,618876	0,345	0,5575	557,46				
KA	0,07	D1	P	B	7,0	0,618987	0,35	0,5654	565,44	547,53	58,29	24,43	4,46
KA	0,07	D1	P	C	6,5	0,625361	0,325	0,5197	519,70				
KA	0,07	D1	P	D	6,3	0,643709	0,315	0,4894	489,35				
KA	0,07	D1	P	E	5,8	0,625583	0,29	0,4636	463,57	489,24		25,62	5,24
KA	0,07	D1	P	F	6,4	0,621592	0,32	0,5148	514,81				
KA	0,08	D1	top	A	9,7	1,11316	0,483	0,4339	433,90				
KA	0,08	D1	top	B	7,6	1,132092	0,382	0,3374	337,43	389,30	73,55	48,64	12,50
KA	0,08	D1	top	C	9,2	1,159979	0,46	0,3966	396,56				
KA	0,08	D1	top	D	7,2	1,124332	0,358	0,3184	318,41				
KA	0,08	D1	top	E	7,1	1,128425	0,353	0,3128	312,83	315,75		2,80	0,89
KA	0,08	D1	top	F	7,1	1,120238	0,354	0,3160	316,00				
KA	0,07	D2	P	A	8,6	0,755961	0,43	0,5688	568,81				
KA	0,07	D2	P	B	8,8	0,745003	0,44	0,5906	590,60	594,16	81,16	27,31	4,60
KA	0,07	D2	P	C	9,1	0,730248	0,455	0,6231	623,08				
KA	0,07	D2	P	D	7,5	0,720535	0,375	0,5204	520,45				
KA	0,07	D2	P	E	8,1	0,763681	0,405	0,5303	530,33	513,00		22,01	4,29
KA	0,07	D2	P	F	7,4	0,757829	0,37	0,4882	488,24				
KA	0,08	D2	top	A	6,7	0,739006	0,333	0,4506	450,61				
KA	0,08	D2	top	B	7,3	0,772584	0,364	0,4711	471,15	459,80	46,78	10,44	2,27
KA	0,08	D2	top	C	7,0	0,762575	0,349	0,4577	457,66				
KA	0,08	D2	top	D	6,2	0,767047	0,309	0,4028	402,84				
KA	0,08	D2	top	E	5,9	0,725021	0,294	0,4055	405,51	413,03		15,39	3,73
KA	0,08	D2	top	F	6,3	0,735953	0,317	0,4307	430,73				
KA	0,07	D3	P	A	7,6	0,781024	0,38	0,4865	486,54				
KA	0,07	D3	P	B	6,9	0,813875	0,347	0,4264	426,36	445,44	92,14	35,63	8,00
KA	0,07	D3	P	C	6,6	0,779364	0,33	0,4234	423,42				
KA	0,07	D3	P	D	6,1	0,787248	0,304	0,3862	386,16				
KA	0,07	D3	P	E	5,6	0,792989	0,281	0,3544	354,36	353,30		33,40	9,45
KA	0,07	D3	P	F	5,3	0,8266	0,264	0,3194	319,38				
KA	0,08	D3	top	A	12,9	0,976464	0,645	0,6605	660,55				
KA	0,08	D3	top	B	12,5	0,95585	0,625	0,6539	653,87	628,19	137,52	50,37	8,02
KA	0,08	D3	top	C	11,1	0,97343	0,555	0,5701	570,15				
KA	0,08	D3	top	D	9,2	0,93229	0,462	0,4956	495,55				
KA	0,08	D3	top	E	8,2	0,913818	0,411	0,4498	449,76	490,67		38,69	7,89
KA	0,08	D3	top	F	9,6	0,907571	0,478	0,5267	526,68				
KA	0,07	E2	P	A	8,1	0,708638	0,404	0,5701	570,11				
KA	0,07	E2	P	B	8,6	0,699708	0,43	0,6145	614,54	592,95	99,08	22,24	3,75
KA	0,07	E2	P	C	8,4	0,7085	0,421	0,5942	594,21				
KA	0,07	E2	P	D	6,8	0,759453	0,338	0,4451	445,06				
KA	0,07	E2	P	E	7,2	0,754953	0,358	0,4742	474,20	493,88		61,08	12,37
KA	0,07	E2	P	F	8,3	0,734392	0,413	0,5624	562,37				
KA	0,08	E2	top	A	6,6	0,923031	0,328	0,3554	355,35				

													Liite 3			
													6 (15)			
KA	0,08	E2	top	B	5,7	0,914769	0,283	0,3094	309,37	326,38	72,62	25,22	7,73			
KA	0,08	E2	top	C	6,0	0,947817	0,298	0,3144	314,41	253,75	72,62	25,22	7,73			
KA	0,08	E2	top	D	4,7	0,960953	0,234	0,2435	243,51							
KA	0,08	E2	top	E	4,5	0,955583	0,226	0,2365	236,50							
KA	0,08	E2	top	F	5,1	0,913777	0,257	0,2813	281,25	253,75			24,07	9,48		
KA	0,07	F2	P	A	7,8	0,688626	0,392	0,5692	569,25	584,72	84,65	39,40	6,74			
KA	0,07	F2	P	B	8,8	0,695775	0,438	0,6295	629,51							
KA	0,07	F2	P	C	7,6	0,687792	0,382	0,5554	555,40							
KA	0,07	F2	P	D	6,7	0,665568	0,333	0,5003	500,32	500,07	72,62	25,22	7,73			
KA	0,07	F2	P	E	6,5	0,681655	0,325	0,4768	476,78							
KA	0,07	F2	P	F	7,0	0,669083	0,35	0,5231	523,10							
KA	0,08	F2	top	A	6,9	0,593032	0,345	0,5818	581,76	587,96				151,81	22,10	3,76
KA	0,08	F2	top	B	6,7	0,58459	0,333	0,5696	569,63							
KA	0,08	F2	top	C	7,4	0,605721	0,371	0,6125	612,49							
KA	0,08	F2	top	D	5,2	0,599006	0,262	0,4374	437,39	436,15	72,62	25,22	7,73			
KA	0,08	F2	top	E	5,6	0,610065	0,28	0,4590	458,97							
KA	0,08	F2	top	F	5,1	0,623642	0,257	0,4121	412,10							
KA	0,07	G2	P	A	14,2	0,782064	0,71	0,9079	907,85	895,23				106,49	11,03	1,23
KA	0,07	G2	P	B	12,8	0,721156	0,64	0,8875	887,46							
KA	0,07	G2	P	C	14,2	0,797414	0,71	0,8904	890,38							
KA	0,07	G2	P	D	12,3	0,772182	0,615	0,7964	796,44	788,74	72,62	25,22	7,73			
KA	0,07	G2	P	E	12,3	0,789774	0,615	0,7787	778,70							
KA	0,07	G2	P	F	13,0	0,821665	0,65	0,7911	791,08							
KA	0,08	G2	top	A	7,2	0,559216	0,361	0,6455	645,55	689,87				204,22	53,41	7,74
KA	0,08	G2	top	B	8,7	0,577973	0,433	0,7492	749,17							
KA	0,08	G2	top	C	8,1	0,598623	0,404	0,6749	674,88							
KA	0,08	G2	top	D	5,6	0,582092	0,28	0,4810	481,02	485,64	72,62	25,22	7,73			
KA	0,08	G2	top	E	5,8	0,583985	0,291	0,4983	498,30							
KA	0,08	G2	top	F	5,8	0,607195	0,29	0,4776	477,61							
VA																
VA	0,07	A1	P	A	7,3	9,732073	0,363	0,0373	37,30	29,17	16,18	7,32	25,09			
VA	0,07	A1	P	B	4,5	9,732073	0,225	0,0231	23,12							
VA	0,07	A1	P	C	5,3	9,860008	0,267	0,0271	27,08							
VA	0,07	A1	P	D	3,2	9,877526	0,1595	0,0161	16,15	12,99	72,62	25,22	7,73			
VA	0,07	A1	P	E	2,9	10,82244	0,145	0,0134	13,40							
VA	0,07	A1	P	F	2,0	10,67805	0,1005	0,0094	9,41							
VA	0,08	A1	top	A	5,4	4,945284	0,27	0,0546	54,60	49,00				17,30	5,49	11,20
VA	0,08	A1	top	B	5,2	5,330714	0,26	0,0488	48,77							
VA	0,08	A1	top	C	4,6	5,317923	0,232	0,0436	43,63							
VA	0,08	A1	top	D	3,3	5,559953	0,167	0,0300	30,04	31,70	72,62	25,22	7,73			
VA	0,08	A1	top	E	3,6	5,622227	0,1775	0,0316	31,57							
VA	0,08	A1	top	F	3,6	5,405781	0,181	0,0335	33,48							
VA	0,07	B1	P	A	5,2	9,59578	0,261	0,0272	27,20	29,95				9,34	3,81	12,71
VA	0,07	B1	P	B	6,1	8,893502	0,305	0,0343	34,29							
VA	0,07	B1	P	C	5,2	9,097324	0,258	0,0284	28,36							
VA	0,07	B1	P	D	3,9	9,324354	0,195	0,0209	20,91	20,62	72,62	25,22	7,73			
VA	0,07	B1	P	E	4,4	9,947424	0,221	0,0222	22,22							
VA	0,07	B1	P	F	3,7	9,990307	0,187	0,0187	18,72							

Liite 3													
7 (15)													
VA	0,08	B1	top	A	4,9	2,888433	0,247	0,0855	85,51	87,16	37,48	1,84	2,11
VA	0,08	B1	top	B	4,8	2,669773	0,238	0,0891	89,15				
VA	0,08	B1	top	C	4,7	2,683984	0,233	0,0868	86,81				
VA	0,08	B1	top	D	2,8	2,850727	0,141	0,0495	49,46	49,67		0,21	0,43
VA	0,08	B1	top	E	2,7	2,747839	0,1365	0,0497	49,68				
VA	0,08	B1	top	F	2,7	2,665984	0,133	0,0499	49,89				
VA	0,07	B2	P	A	7,1	7,488343	0,353	0,0471	47,14	40,51	8,26	9,52	23,51
VA	0,07	B2	P	B	6,7	7,479241	0,335	0,0448	44,79				
VA	0,07	B2	P	C	4,3	7,246892	0,2145	0,0296	29,60				
VA	0,07	B2	P	D	4,4	7,54679	0,221	0,0293	29,28	32,25		7,12	22,07
VA	0,07	B2	P	E	6,2	7,679492	0,31	0,0404	40,37				
VA	0,07	B2	P	F	4,0	7,420315	0,201	0,0271	27,09				
VA	0,08	B2	top	A	13,0	9,893392	0,65	0,0657	65,70	67,55	27,86	2,26	3,34
VA	0,08	B2	top	B	12,9	9,206391	0,645	0,0701	70,06				
VA	0,08	B2	top	C	13,5	10,09325	0,675	0,0669	66,88				
VA	0,08	B2	top	D	8,0	9,847403	0,4	0,0406	40,62	39,69		0,90	2,27
VA	0,08	B2	top	E	7,7	9,76678	0,387	0,0396	39,62				
VA	0,08	B2	top	F	7,9	10,22667	0,397	0,0388	38,82				
VA	0,08	B2	top	A	2,2	9,893392	0,111	0,0112	11,22	18,73	0,96	8,68	46,35
VA	0,08	B2	top	B	5,2	9,206391	0,26	0,0282	28,24				
VA	0,08	B2	top	C	3,4	10,09325	0,169	0,0167	16,74				
VA	0,08	B2	top	D	4,1	9,847403	0,206	0,0209	20,92	17,77		2,73	15,34
VA	0,08	B2	top	E	3,1	9,76678	0,157	0,0161	16,07				
VA	0,08	B2	top	F	3,3	10,22667	0,167	0,0163	16,33				
VA	0,07	B3	P	A	6,1	3,283943	0,304	0,0926	92,57	88,62	34,82	3,42	3,86
VA	0,07	B3	P	B	5,7	3,303449	0,286	0,0866	86,58				
VA	0,07	B3	P	C	5,8	3,344631	0,29	0,0867	86,71				
VA	0,07	B3	P	D	3,9	3,383916	0,1965	0,0581	58,07	53,80		3,75	6,97
VA	0,07	B3	P	E	3,5	3,376059	0,1765	0,0523	52,28				
VA	0,07	B3	P	F	3,7	3,65322	0,1865	0,0511	51,05				
VA	0,08	B3	top	A	4,6	4,090242	0,231	0,0565	56,48	57,90	13,55	15,94	27,52
VA	0,08	B3	top	B	3,7	4,271133	0,1825	0,0427	42,73				
VA	0,08	B3	top	C	5,9	3,986371	0,297	0,0745	74,50				
VA	0,08	B3	top	D	4,3	4,313626	0,216	0,0501	50,07	44,36		6,89	15,52
VA	0,08	B3	top	E	3,2	4,371758	0,1605	0,0367	36,71				
VA	0,08	B3	top	F	4,1	4,385923	0,203	0,0463	46,28				
VA	0,07	C1	P	A	4,4	0,685692	0,22	0,3208	320,84	309,94	131,00	9,62	3,10
VA	0,07	C1	P	B	4,5	0,743415	0,225	0,3027	302,66				
VA	0,07	C1	P	C	4,6	0,744323	0,228	0,3063	306,32				
VA	0,07	C1	P	D	3,0	0,828185	0,151	0,1823	182,33	178,94		9,14	5,11
VA	0,07	C1	P	E	3,0	0,812302	0,151	0,1859	185,89				
VA	0,07	C1	P	F	2,7	0,80967	0,1365	0,1686	168,59				
VA	0,08	C1	top	A	9,0	3,014401	0,452	0,1499	149,95	141,17	63,90	9,21	6,52
VA	0,08	C1	top	B	8,4	3,191804	0,42	0,1316	131,59				
VA	0,08	C1	top	C	8,8	3,106434	0,441	0,1420	141,96				
VA	0,08	C1	top	D	4,8	2,941524	0,242	0,0823	82,27	77,26		4,79	6,20
VA	0,08	C1	top	E	4,4	2,877809	0,221	0,0768	76,79				
VA	0,08	C1	top	F	4,5	3,066456	0,223	0,0727	72,72				

Liite 3													
8 (15)													
VA	0,07	C3	P	A	6,0	5,031161	0,3	0,0596	59,63	51,10	22,70	8,29	16,23
VA	0,07	C3	P	B	5,5	6,385272	0,275	0,0431	43,07				
VA	0,07	C3	P	C	6,1	6,048147	0,306	0,0506	50,59				
VA	0,07	C3	P	D	3,2	5,074178	0,159	0,0313	31,34				
VA	0,07	C3	P	E	3,1	5,485181	0,155	0,0283	28,26	28,39		2,88	10,13
VA	0,07	C3	P	F	2,8	5,373897	0,1375	0,0256	25,59				
VA	0,08	C3	top	A	4,7	4,795122	0,235	0,0490	49,01	50,63	17,80	1,42	2,80
VA	0,08	C3	top	B	4,7	4,62718	0,237	0,0512	51,22				
VA	0,08	C3	top	C	5,1	4,917458	0,254	0,0517	51,65				
VA	0,08	C3	top	D	3,3	4,920231	0,1655	0,0336	33,64	32,82		0,74	2,26
VA	0,08	C3	top	E	3,0	4,676176	0,1505	0,0322	32,18				
VA	0,08	C3	top	F	3,2	4,961215	0,162	0,0327	32,65				
VA	0,07	C5	P	A	8,6	1,71922	0,431	0,2507	250,70	254,27	86,29	3,10	1,22
VA	0,07	C5	P	B	9,3	1,819701	0,466	0,2561	256,09				
VA	0,07	C5	P	C	8,6	1,675501	0,429	0,2560	256,04				
VA	0,07	C5	P	D	5,5	1,771826	0,276	0,1558	155,77				
VA	0,07	C5	P	E	6,2	1,72352	0,308	0,1787	178,70	167,99		11,54	6,87
VA	0,07	C5	P	F	5,5	1,634363	0,277	0,1695	169,49				
VA	0,08	C5	top	A	4,1	0,872693	0,205	0,2349	234,91	251,24	135,31	23,20	9,23
VA	0,08	C5	top	B	5,1	0,914339	0,254	0,2778	277,80				
VA	0,08	C5	top	C	4,2	0,879547	0,212	0,2410	241,03				
VA	0,08	C5	top	D	2,1	0,929015	0,107	0,1152	115,18	115,94		1,23	1,06
VA	0,08	C5	top	E	2,2	0,941159	0,1085	0,1153	115,28				
VA	0,08	C5	top	F	2,1	0,903238	0,106	0,1174	117,36				
VA	0,07	D1	P	A	5,4	1,360866	0,268	0,1969	196,93	152,61	-194,57	38,56	25,26
VA	0,07	D1	P	B	4,0	1,476809	0,198	0,1341	134,07				
VA	0,07	D1	P	C	3,6	1,399599	0,1775	0,1268	126,82				
VA	0,07	D1	P	D	9,8	1,448015	0,491	0,3391	339,08				
VA	0,07	D1	P	E	10,3	1,469802	0,515	0,3504	350,39	347,18		7,06	2,03
VA	0,07	D1	P	F	10,0	1,420239	0,5	0,3521	352,05				
VA	0,08	D1	top	A	11,3	2,631494	0,565	0,2147	214,71	210,11	83,76	4,90	2,33
VA	0,08	D1	top	B	11,8	2,878615	0,59	0,2050	204,96				
VA	0,08	D1	top	C	11,8	2,800505	0,59	0,2107	210,68				
VA	0,08	D1	top	D	6,3	2,638472	0,316	0,1198	119,77	126,36		6,31	4,99
VA	0,08	D1	top	E	6,7	2,638278	0,335	0,1270	126,98				
VA	0,08	D1	top	F	6,8	2,55416	0,338	0,1323	132,33				
VA	0,07	D3	P	A	12,9	5,510686	0,645	0,1170	117,05	115,66	40,12	7,03	6,08
VA	0,07	D3	P	B	13,1	5,373691	0,655	0,1219	121,89				
VA	0,07	D3	P	C	11,8	5,461459	0,59	0,1080	108,03				
VA	0,07	D3	P	D	7,9	5,131757	0,396	0,0772	77,17				
VA	0,07	D3	P	E	7,6	5,050858	0,382	0,0756	75,63	75,53		1,68	2,23
VA	0,07	D3	P	F	7,4	5,040554	0,372	0,0738	73,80				
VA	0,08	D3	top	A	13,6	4,766194	0,68	0,1427	142,67	140,55	23,19	6,02	4,29
VA	0,08	D3	top	B	13,1	4,896849	0,655	0,1338	133,76				
VA	0,08	D3	top	C	13,5	4,647678	0,675	0,1452	145,23				
VA	0,08	D3	top	D	11,0	4,863626	0,55	0,1131	113,08	117,37		6,82	5,81
VA	0,08	D3	top	E	11,1	4,877682	0,555	0,1138	113,78				
VA	0,08	D3	top	F	11,8	4,711249	0,59	0,1252	125,23				

Liite 3													
9 (15)													
VA	0,07	D5	P	A	10,4	1,944039	0,52	0,2675	267,48	280,68	137,90	15,41	5,49
VA	0,07	D5	P	B	10,4	1,747182	0,52	0,2976	297,62				
VA	0,07	D5	P	C	11,1	2,004074	0,555	0,2769	276,94				
VA	0,07	D5	P	D	5,3	1,777498	0,265	0,1491	149,09				
VA	0,07	D5	P	E	5,2	1,85309	0,259	0,1398	139,77	142,79		5,46	3,82
VA	0,07	D5	P	F	5,0	1,806419	0,252	0,1395	139,50				
VA	0,08	D5	top	A	10,1	2,374223	0,505	0,2127	212,70	200,79	94,85	12,45	6,20
VA	0,08	D5	top	B	9,7	2,408195	0,486	0,2018	201,81				
VA	0,08	D5	top	C	8,8	2,331382	0,438	0,1879	187,87				
VA	0,08	D5	top	D	5,5	2,394984	0,275	0,1148	114,82	105,95		8,69	8,21
VA	0,08	D5	top	E	5,1	2,396494	0,253	0,1056	105,57				
VA	0,08	D5	top	F	4,9	2,503881	0,244	0,0974	97,45				
VA	0,07	E2	P	A	11,8	1,775839	0,59	0,3322	332,24	345,04	177,34	11,91	3,45
VA	0,07	E2	P	B	11,8	1,699774	0,59	0,3471	347,11				
VA	0,07	E2	P	C	12,9	1,812897	0,645	0,3558	355,78				
VA	0,07	E2	P	D	5,8	1,799049	0,289	0,1606	160,64				
VA	0,07	E2	P	E	5,7	1,674028	0,284	0,1697	169,65	167,70		6,31	3,76
VA	0,07	E2	P	F	6,3	1,811336	0,313	0,1728	172,80				
VA	0,08	E2	top	A	12,3	1,377227	0,615	0,4465	446,55	394,36	233,20	46,73	11,85
VA	0,08	E2	top	B	9,1	1,271024	0,453	0,3564	356,41				
VA	0,08	E2	top	C	10,4	1,368022	0,52	0,3801	380,11				
VA	0,08	E2	top	D	4,5	1,461098	0,225	0,1540	153,99	161,15		6,32	3,92
VA	0,08	E2	top	E	4,3	1,283469	0,213	0,1660	165,96				
VA	0,08	E2	top	F	4,9	1,498431	0,245	0,1635	163,50				
MU													
MU	0,07	A1	KE2	A	10,7	4,137547	0,535	0,1293	129,30	124,59	34,92	5,24	4,20
MU	0,07	A1	KE2	B	10,9	4,341831	0,545	0,1255	125,52				
MU	0,07	A1	KE2	C	10,5	4,413575	0,525	0,1190	118,95				
MU	0,07	A1	KE2	D	7,5	4,242426	0,375	0,0884	88,39				
MU	0,07	A1	KE2	E	7,7	4,33117	0,385	0,0889	88,89	89,67		1,80	2,01
MU	0,07	A1	KE2	F	8,1	4,415304	0,405	0,0917	91,73				
MU	0,08	A1	top	A	9,5	4,632072	0,475	0,1025	102,55	100,24	30,92	4,62	4,61
MU	0,08	A1	top	B	9,4	4,951654	0,47	0,0949	94,92				
MU	0,08	A1	top	C	9,9	4,794421	0,495	0,1032	103,25				
MU	0,08	A1	top	D	6,6	4,765089	0,33	0,0693	69,25	69,32		2,20	3,17
MU	0,08	A1	top	E	7,0	4,891967	0,35	0,0715	71,55				
MU	0,08	A1	top	F	6,3	4,691077	0,315	0,0671	67,15				
MU	0,07	A3	KE1	A	8,8	5,672816	0,44	0,0776	77,56	79,94	20,91	3,10	3,87
MU	0,07	A3	KE1	B	9,4	5,632622	0,47	0,0834	83,44				
MU	0,07	A3	KE1	C	8,7	5,518498	0,435	0,0788	78,83				
MU	0,07	A3	KE1	D	7,0	5,590633	0,35	0,0626	62,60				
MU	0,07	A3	KE1	E	6,9	5,680712	0,345	0,0607	60,73	59,03		4,66	7,89
MU	0,07	A3	KE1	F	6,2	5,765766	0,31	0,0538	53,77				
MU	0,08	A3	top	A	9,1	6,641207	0,455	0,0685	68,51	70,85	15,21	5,13	7,24
MU	0,08	A3	top	B	10,7	6,972456	0,535	0,0767	76,73				
MU	0,08	A3	top	C	9,0	6,685959	0,45	0,0673	67,31				
MU	0,08	A3	top	D	7,6	6,965436	0,38	0,0546	54,56	55,64		0,95	1,71
MU	0,08	A3	top	E	7,8	6,924195	0,39	0,0563	56,32				
MU	0,08	A3	top	F	7,4	6,602598	0,37	0,0560	56,04				

Liite 3													
10 (15)													
MU	0,07	A5	KE4	A	8,7	2,277871	0,435	0,1910	190,97	163,84	46,11	23,53	14,36
MU	0,07	A5	KE4	B	7,1	2,375523	0,354	0,1490	149,02				
MU	0,07	A5	KE4	C	6,9	2,263651	0,343	0,1515	151,53				
MU	0,07	A5	KE4	D	5,7	2,440796	0,283	0,1159	115,95	117,73		4,08	3,47
MU	0,07	A5	KE4	E	5,6	2,295688	0,281	0,1224	122,40				
MU	0,07	A5	KE4	F	5,3	2,316246	0,266	0,1148	114,84				
MU	0,07	B1	KE2 to KE2	A	10,9	6,531444	0,545	0,0834	83,44	87,73	25,75	5,11	5,83
MU	0,07	B1	KE2 to KE2	B	12,7	6,799836	0,635	0,0934	93,38				
MU	0,07	B1	KE2 to KE2	C	11,0	6,368678	0,55	0,0864	86,36				
MU	0,07	B1	KE2 to KE2	D	7,8	6,279069	0,389	0,0620	61,95	61,98		0,48	0,77
MU	0,07	B1	KE2 to KE2	E	8,1	6,600707	0,406	0,0615	61,51				
MU	0,07	B1	KE2 to KE2	F	8,1	6,483394	0,405	0,0625	62,47				
MU	0,08	B1	top	A	12,3	4,520143	0,615	0,1361	136,06	142,55	41,64	5,81	4,07
MU	0,08	B1	top	B	13,2	4,572217	0,66	0,1444	144,35				
MU	0,08	B1	top	C	13,8	4,686031	0,69	0,1472	147,25				
MU	0,08	B1	top	D	9,8	4,551948	0,49	0,1076	107,65	100,91		5,85	5,80
MU	0,08	B1	top	E	8,7	4,469316	0,434	0,0971	97,11				
MU	0,08	B1	top	F	8,9	4,542282	0,445	0,0980	97,97				
MU	0,07	B3	KE	A	12,6	5,017181	0,63	0,1256	125,57	108,65	21,67	14,79	13,61
MU	0,07	B3	KE	B	10,1	4,939758	0,505	0,1022	102,23				
MU	0,07	B3	KE	C	10,4	5,297618	0,52	0,0982	98,16				
MU	0,07	B3	KE	D	7,5	5,117082	0,375	0,0733	73,28	86,99		12,81	14,72
MU	0,07	B3	KE	E	9,2	5,16739	0,46	0,0890	89,02				
MU	0,07	B3	KE	F	9,4	4,764217	0,47	0,0987	98,65				
MU	0,08	B3	top	A	12,5	5,427719	0,625	0,1151	115,15	115,13	34,46	4,48	3,89
MU	0,08	B3	top	B	12,0	5,422565	0,6	0,1106	110,65				
MU	0,08	B3	top	C	12,2	5,100297	0,61	0,1196	119,60				
MU	0,08	B3	top	D	8,6	5,172446	0,43	0,0831	83,13	80,68		2,78	3,45
MU	0,08	B3	top	E	8,4	5,408479	0,42	0,0777	77,66				
MU	0,08	B3	top	F	9,1	5,600535	0,455	0,0812	81,24				
MU	0,07	B5	KE2	A	9,2	4,164376	0,46	0,1105	110,46	115,61	36,91	4,70	4,06
MU	0,07	B5	KE2	B	10,6	4,541852	0,53	0,1167	116,69				
MU	0,07	B5	KE2	C	10,4	4,345436	0,52	0,1197	119,67				
MU	0,07	B5	KE2	D	6,8	4,455786	0,34	0,0763	76,31	78,70		2,32	2,94
MU	0,07	B5	KE2	E	7,2	4,448287	0,36	0,0809	80,93				
MU	0,07	B5	KE2	F	7,6	4,818263	0,38	0,0789	78,87				
MU	0,08	B5	top	A	16,4	3,809615	0,82	0,2152	215,24	208,31	53,62	16,20	7,78
MU	0,08	B5	top	B	15,9	3,615373	0,795	0,2199	219,89				
MU	0,08	B5	top	C	14,1	3,714561	0,705	0,1898	189,79				
MU	0,08	B5	top	D	10,4	3,647885	0,52	0,1425	142,55	154,69		13,19	8,52
MU	0,08	B5	top	E	11,5	3,763052	0,575	0,1528	152,80				
MU	0,08	B5	top	F	12,1	3,585893	0,605	0,1687	168,72				

											Liite 3		
											11 (15)		
MU	0,07	C1	KE4	A	9,5	3,766957	0,475	0,1261	126,10	142,83	56,37	20,51	14,36
MU	0,07	C1	KE4	B	11,9	3,590536	0,595	0,1657	165,71				
MU	0,07	C1	KE4	C	9,9	3,606998	0,493	0,1367	136,68				
MU	0,07	C1	KE4	D	7,2	3,616005	0,358	0,0990	99,00				
MU	0,07	C1	KE4	E	6,7	3,898341	0,334	0,0857	85,68	86,46		12,18	14,09
MU	0,07	C1	KE4	F	5,5	3,668807	0,274	0,0747	74,68				
MU	0,08	C1	top	A	13,3	4,170105	0,665	0,1595	159,47	163,83	47,26	7,43	4,54
MU	0,08	C1	top	B	12,9	4,041308	0,645	0,1596	159,60				
MU	0,08	C1	top	C	14,2	4,118202	0,71	0,1724	172,41				
MU	0,08	C1	top	D	8,8	3,924594	0,44	0,1121	112,11	116,57		6,25	5,36
MU	0,08	C1	top	E	8,8	3,872691	0,441	0,1139	113,87				
MU	0,08	C1	top	F	10,1	4,081952	0,505	0,1237	123,72				
MU	0,07	C3	KE4	A	14,1	2,014006	0,705	0,3500	350,05	340,83	126,21	11,52	3,38
MU	0,07	C3	KE4	B	14,0	2,134691	0,7	0,3279	327,92				
MU	0,07	C3	KE4	C	14,3	2,075263	0,715	0,3445	344,53				
MU	0,07	C3	KE4	D	8,5	2,10132	0,424	0,2018	201,78				
MU	0,07	C3	KE4	E	9,0	2,10833	0,451	0,2139	213,91	214,62		13,21	6,15
MU	0,07	C3	KE4	F	9,6	2,099339	0,479	0,2282	228,17				
MU	0,08	C3	top	A	23,1	2,863758	1,155	0,4033	403,32	382,31	114,60	27,47	7,19
MU	0,08	C3	top	B	20,7	2,637719	1,035	0,3924	392,38				
MU	0,08	C3	top	C	19,9	2,833025	0,995	0,3512	351,21				
MU	0,08	C3	top	D	16,3	3,069573	0,815	0,2655	265,51	267,70		16,32	6,10
MU	0,08	C3	top	E	14,2	2,810817	0,71	0,2526	252,60				
MU	0,08	C3	top	F	15,7	2,754307	0,785	0,2850	285,01				
MU	0,07	C5	KE3	A	11,6	3,376432	0,58	0,1718	171,78	167,29	53,16	8,61	5,14
MU	0,07	C5	KE3	B	11,2	3,55846	0,56	0,1574	157,37				
MU	0,07	C5	KE3	C	12,6	3,647283	0,63	0,1727	172,73				
MU	0,07	C5	KE3	D	8,8	3,755097	0,44	0,1172	117,17				
MU	0,07	C5	KE3	E	8,3	3,862035	0,415	0,1075	107,46	114,13		5,79	5,07
MU	0,07	C5	KE3	F	8,6	3,651373	0,43	0,1178	117,76				
MU	0,08	C5	top	A	10,5	3,88368	0,525	0,1352	135,18	133,27	30,21	4,77	3,58
MU	0,08	C5	top	B	11,7	4,27676	0,585	0,1368	136,79				
MU	0,08	C5	top	C	11,3	4,41967	0,565	0,1278	127,84				
MU	0,08	C5	top	D	8,6	4,26405	0,43	0,1008	100,84	103,05		4,42	4,29
MU	0,08	C5	top	E	9,1	4,20732	0,455	0,1081	108,14				
MU	0,08	C5	top	F	8,2	4,09293	0,41	0,1002	100,17				
MU	0,07	D2	KE3	A	23,3	2,356329	1,165	0,4944	494,41	456,96	178,17	38,39	8,40
MU	0,07	D2	KE3	B	19,6	2,346171	0,98	0,4177	417,70				
MU	0,07	D2	KE3	C	22,1	2,408621	1,105	0,4588	458,77				
MU	0,07	D2	KE3	D	13,0	2,325104	0,65	0,2796	279,56				
MU	0,07	D2	KE3	E	13,1	2,41163	0,655	0,2716	271,60	278,80		6,85	2,46
MU	0,07	D2	KE3	F	13,9	2,436647	0,695	0,2852	285,23				
MU	0,08	D2	top	A	19,4	3,387503	0,97	0,2863	286,35	281,70	122,67	6,61	2,35
MU	0,08	D2	top	B	18,5	3,374314	0,925	0,2741	274,13				
MU	0,08	D2	top	C	18,2	3,197233	0,91	0,2846	284,62				
MU	0,08	D2	top	D	11,1	3,18844	0,555	0,1741	174,07	159,03		18,82	11,84
MU	0,08	D2	top	E	9,3	3,371627	0,465	0,1379	137,92				
MU	0,08	D2	top	F	10,5	3,179891	0,525	0,1651	165,10				

Liite 3													
12 (15)													
MU	0,07	D4	P	A	11,1	5,023355	0,555	0,1105	110,48	128,66	30,92	16,64	12,94
MU	0,07	D4	P	B	12,7	4,797627	0,635	0,1324	132,36				
MU	0,07	D4	P	C	13,7	4,785105	0,685	0,1432	143,15				
MU	0,07	D4	P	D	8,8	4,646373	0,44	0,0947	94,70				
MU	0,07	D4	P	E	9,4	4,806854	0,47	0,0978	97,78	97,74		3,03	3,10
MU	0,07	D4	P	F	10,0	4,962392	0,5	0,1008	100,76				
MU	0,08	D4	top	A	5,8	2,43083	0,292	0,1201	120,12	128,68	52,83	26,06	20,25
MU	0,08	D4	top	B	7,5	2,387028	0,377	0,1579	157,94				
MU	0,08	D4	top	C	4,9	2,287659	0,247	0,1080	107,97				
MU	0,08	D4	top	D	3,5	2,459247	0,174	0,0708	70,75				
MU	0,08	D4	top	E	3,4	2,305216	0,1675	0,0727	72,66	75,85		7,24	9,54
MU	0,08	D4	top	F	4,1	2,424676	0,204	0,0841	84,13				
MU	0,08	D4	top	A	12,0	2,43083	0,6	0,2468	246,83	250,33	111,66	16,32	6,52
MU	0,08	D4	top	B	12,8	2,387028	0,64	0,2681	268,12				
MU	0,08	D4	top	C	10,8	2,287659	0,54	0,2360	236,05				
MU	0,08	D4	top	D	6,8	2,459247	0,339	0,1378	137,85				
MU	0,08	D4	top	E	6,0	2,305216	0,298	0,1293	129,27	138,67		9,83	7,09
MU	0,08	D4	top	F	7,2	2,424676	0,361	0,1489	148,89				
HI													
HI	0,07	A1	P	A	7,2	3,432967	0,362	0,1054	105,45	118,86	13,12	13,07	10,99
HI	0,07	A1	P	B	8,6	3,58792	0,429	0,1196	119,57				
HI	0,07	A1	P	C	9,3	3,519592	0,463	0,1315	131,55				
HI	0,07	A1	P	D	7,0	3,490145	0,35	0,1003	100,28				
HI	0,07	A1	P	E	7,0	3,478138	0,348	0,1001	100,05	105,73		9,64	9,12
HI	0,07	A1	P	F	8,3	3,55104	0,415	0,1169	116,87				
HI	0,08	A1	top	A	8,2	0,847801	0,411	0,4848	484,78	461,00	29,59	39,38	8,54
HI	0,08	A1	top	B	7,0	0,847093	0,352	0,4155	415,54				
HI	0,08	A1	top	C	8,5	0,880531	0,425	0,4827	482,66				
HI	0,08	A1	top	D	8,4	0,895746	0,418	0,4667	466,65				
HI	0,08	A1	top	E	7,4	0,916799	0,372	0,4058	405,76	431,40		31,56	7,32
HI	0,08	A1	top	F	7,7	0,915119	0,386	0,4218	421,80				
HI	0,07	B1		A	3,1	1,793096	0,153	0,0853	85,33	80,79	7,07	3,96	4,90
HI	0,07	B1		B	2,9	1,816513	0,1435	0,0790	79,00				
HI	0,07	B1		C	2,9	1,864166	0,1455	0,0781	78,05				
HI	0,07	B1		D	2,7	1,802081	0,133	0,0738	73,80				
HI	0,07	B1		E	2,7	1,878462	0,1325	0,0705	70,54	73,72		3,15	4,27
HI	0,07	B1		F	2,8	1,809161	0,139	0,0768	76,83				
HI	0,08	B1	top	A	4,8	3,515246	0,241	0,0686	68,56	78,67	9,13	8,94	11,36
HI	0,08	B1	top	B	5,8	3,539183	0,29	0,0819	81,94				
HI	0,08	B1	top	C	6,3	3,672055	0,314	0,0855	85,51				
HI	0,08	B1	top	D	4,6	3,551639	0,23	0,0648	64,76				
HI	0,08	B1	top	E	5,2	3,488134	0,259	0,0743	74,25	69,54		4,75	6,83
HI	0,08	B1	top	F	4,6	3,290048	0,229	0,0696	69,60				
HI	0,07	B2	P	A	3,0	0,621618	0,1505	0,2421	242,11	219,12	22,93	21,40	9,77
HI	0,07	B2	P	B	2,3	0,585658	0,117	0,1998	199,78				
HI	0,07	B2	P	C	2,5	0,584773	0,126	0,2155	215,47				
HI	0,07	B2	P	D	2,2	0,59643	0,1095	0,1836	183,59				
HI	0,07	B2	P	E	2,4	0,599657	0,1185	0,1976	197,61	196,18		11,94	6,09
HI	0,07	B2	P	F	2,4	0,58597	0,1215	0,2073	207,35				

Liite 3													
13 (15)													
HI	0,08	B2	top	A	11,3	1,197312	0,565	0,4719	471,89	488,36	85,24	65,98	13,51
HI	0,08	B2	top	B	10,6	1,226343	0,53	0,4322	432,18				
HI	0,08	B2	top	C	12,3	1,096225	0,615	0,5610	561,02				
HI	0,08	B2	top	D	9,4	1,229466	0,47	0,3823	382,28	403,12		30,13	7,48
HI	0,08	B2	top	E	11,0	1,256646	0,55	0,4377	437,67				
HI	0,08	B2	top	F	9,8	1,253176	0,488	0,3894	389,41				
HI	0,07	B3	P	A	9,7	2,966436	0,483	0,1628	162,82	135,26	22,78	25,30	18,71
HI	0,07	B3	P	B	6,5	2,865328	0,324	0,1131	113,08				
HI	0,07	B3	P	C	7,4	2,833076	0,368	0,1299	129,89				
HI	0,07	B3	P	D	7,9	3,092118	0,396	0,1281	128,07	112,48		14,92	13,26
HI	0,07	B3	P	E	5,6	2,84741	0,28	0,0983	98,33				
HI	0,07	B3	P	F	7,0	3,143056	0,349	0,1110	111,04				
HI	0,08	B3	top	A	8,1	1,097137	0,403	0,3673	367,32	413,20	51,37	40,78	9,87
HI	0,08	B3	top	B	9,1	1,063386	0,454	0,4269	426,94				
HI	0,08	B3	top	C	9,0	1,014981	0,452	0,4453	445,33				
HI	0,08	B3	top	D	7,4	1,005527	0,37	0,3680	367,97	361,82		11,96	3,31
HI	0,08	B3	top	E	7,7	1,100446	0,383	0,3480	348,04				
HI	0,08	B3	top	F	8,0	1,088061	0,402	0,3695	369,46				
HI	0,07	C1	P	A	3,9	1,108674	0,1935	0,1745	174,53	181,02	36,72	23,21	12,82
HI	0,07	C1	P	B	3,9	1,208737	0,1955	0,1617	161,74				
HI	0,07	C1	P	C	4,7	1,146133	0,237	0,2068	206,78				
HI	0,07	C1	P	D	3,2	1,116305	0,1605	0,1438	143,78	144,29		4,46	3,09
HI	0,07	C1	P	E	3,2	1,152636	0,1615	0,1401	140,11				
HI	0,07	C1	P	F	3,5	1,161134	0,173	0,1490	148,99				
HI	0,08	C1	top	A	4,0	0,97391	0,2005	0,2059	205,87	195,96	17,11	18,92	9,66
HI	0,08	C1	top	B	4,0	0,964591	0,2005	0,2079	207,86				
HI	0,08	C1	top	C	3,7	1,062397	0,185	0,1741	174,13				
HI	0,08	C1	top	D	3,8	1,062858	0,1895	0,1783	178,29	178,85		9,87	5,52
HI	0,08	C1	top	E	3,9	1,02392	0,1935	0,1890	188,98				
HI	0,08	C1	top	F	3,7	1,087033	0,184	0,1693	169,27				
HI	0,07	C3	P	A	9,9	2,131527	0,494	0,2318	231,76	244,90	40,15	11,42	4,66
HI	0,07	C3	P	B	10,6	2,115152	0,53	0,2506	250,57				
HI	0,07	C3	P	C	11,1	2,199096	0,555	0,2524	252,38				
HI	0,07	C3	P	D	9,7	2,249946	0,483	0,2147	214,67	204,76		14,32	6,99
HI	0,07	C3	P	E	9,1	2,163244	0,457	0,2113	211,26				
HI	0,07	C3	P	F	8,1	2,155659	0,406	0,1883	188,34				
HI	0,08	C3	top	A	17,4	1,121627	0,87	0,7757	775,66	790,61	35,88	41,18	5,21
HI	0,08	C3	top	B	17,8	1,172606	0,89	0,7590	758,99				
HI	0,08	C3	top	C	18,8	1,122814	0,94	0,8372	837,18				
HI	0,08	C3	top	D	18,6	1,181193	0,93	0,7873	787,34	754,74		32,14	4,26
HI	0,08	C3	top	E	17,2	1,140904	0,86	0,7538	753,79				
HI	0,08	C3	top	F	17,0	1,175529	0,85	0,7231	723,08				
HI	0,07	C5	P	A	6,8	3,204152	0,338	0,1055	105,49	101,82	16,07	5,33	5,24
HI	0,07	C5	P	B	6,0	3,155642	0,302	0,0957	95,70				
HI	0,07	C5	P	C	6,6	3,16496	0,33	0,1043	104,27				
HI	0,07	C5	P	D	5,5	3,501792	0,275	0,0785	78,53	85,75		6,27	7,31
HI	0,07	C5	P	E	5,9	3,329676	0,296	0,0889	88,90				
HI	0,07	C5	P	F	5,9	3,272944	0,294	0,0898	89,83				

Liite 3													
14 (15)													
HI	0,08	C5	top	A	4,8	0,384305	0,242	0,6297	629,71	665,55	-7,38	34,64	5,21
HI	0,08	C5	top	B	5,2	0,369176	0,258	0,6989	698,85				
HI	0,08	C5	top	C	5,0	0,372705	0,249	0,6681	668,09				
HI	0,08	C5	top	D	5,1	0,371622	0,255	0,6862	686,18				
HI	0,08	C5	top	E	5,0	0,367918	0,249	0,6768	676,78				
HI	0,08	C5	top	F	4,9	0,373578	0,245	0,6558	655,82				
HI	0,07	D1	P	A	8,7	1,14245	0,435	0,3808	380,76	388,57	48,90	14,70	3,78
HI	0,07	D1	P	B	8,0	1,054206	0,4	0,3794	379,43				
HI	0,07	D1	P	C	9,1	1,122006	0,455	0,4055	405,52				
HI	0,07	D1	P	D	7,6	1,121569	0,38	0,3388	338,81				
HI	0,07	D1	P	E	7,6	1,155119	0,38	0,3290	328,97				
HI	0,07	D1	P	F	8,3	1,181592	0,415	0,3512	351,22				
HI	0,08	D1	top	A	8,6	1,146224	0,431	0,3760	376,02	382,43	78,67	17,44	4,56
HI	0,08	D1	top	B	8,1	1,094534	0,404	0,3691	369,11				
HI	0,08	D1	top	C	8,5	1,05429	0,424	0,4022	402,17				
HI	0,08	D1	top	D	6,5	1,033543	0,325	0,3145	314,45				
HI	0,08	D1	top	E	6,8	1,098916	0,34	0,3094	309,40				
HI	0,08	D1	top	F	6,2	1,075038	0,309	0,2874	287,43				
HI	0,07	D3	P	A	8,3	1,543061	0,414	0,2683	268,30	261,18	23,76	39,78	15,23
HI	0,07	D3	P	B	9,5	1,593009	0,473	0,2969	296,92				
HI	0,07	D3	P	C	6,8	1,561947	0,341	0,2183	218,32				
HI	0,07	D3	P	D	6,5	1,513738	0,324	0,2140	214,04				
HI	0,07	D3	P	E	7,6	1,551261	0,378	0,2437	243,67				
HI	0,07	D3	P	F	7,7	1,516347	0,386	0,2546	254,56				
HI	0,08	D3	top	A	11,8	1,155252	0,59	0,5107	510,71	517,68	48,51	21,11	4,08
HI	0,08	D3	top	B	11,1	1,025138	0,555	0,5414	541,39				
HI	0,08	D3	top	C	12,1	1,207733	0,605	0,5009	500,94				
HI	0,08	D3	top	D	12,6	1,174422	0,63	0,5364	536,43				
HI	0,08	D3	top	E	11,0	1,247297	0,55	0,4410	440,95				
HI	0,08	D3	top	F	11,4	1,325202	0,57	0,4301	430,12				
HI	0,07	D5	P	A	4,8	0,593498	0,242	0,4078	407,75	393,46	60,20	15,82	4,02
HI	0,07	D5	P	B	4,4	0,584377	0,22	0,3765	376,47				
HI	0,07	D5	P	C	4,5	0,562893	0,223	0,3962	396,17				
HI	0,07	D5	P	D	4,2	0,575358	0,212	0,3685	368,47				
HI	0,07	D5	P	E	3,6	0,582857	0,1815	0,3114	311,40				
HI	0,07	D5	P	F	3,8	0,590762	0,189	0,3199	319,93				
HI	0,08	D5	top	A	9,6	1,274443	0,482	0,3782	378,20	356,78	88,14	34,17	9,58
HI	0,08	D5	top	B	8,7	1,370645	0,435	0,3174	317,37				
HI	0,08	D5	top	C	10,4	1,387585	0,52	0,3748	374,75				
HI	0,08	D5	top	D	7,3	1,392924	0,367	0,2635	263,47				
HI	0,08	D5	top	E	7,4	1,359967	0,368	0,2706	270,59				
HI	0,08	D5	top	F	7,5	1,379577	0,375	0,2718	271,82				
HI	0,07	E2	P	A	3,8	0,541417	0,19	0,3509	350,93	375,60	13,75	28,39	7,56
HI	0,07	E2	P	B	4,0	0,543	0,2005	0,3692	369,25				
HI	0,07	E2	P	C	4,1	0,50414	0,205	0,4066	406,63				
HI	0,07	E2	P	D	3,7	0,528168	0,1825	0,3455	345,53				
HI	0,07	E2	P	E	3,7	0,505425	0,1865	0,3690	369,00				
HI	0,07	E2	P	F	3,8	0,517488	0,192	0,3710	371,02				

HI	0,08	E2	top	A	4,3	0,406582	0,217	0,5337	533,72				
HI	0,08	E2	top	B	4,2	0,436339	0,21	0,4813	481,28	502,24	70,73	27,76	5,53
HI	0,08	E2	top	C	4,4	0,443338	0,218	0,4917	491,72				
HI	0,08	E2	top	D	3,6	0,442272	0,182	0,4115	411,51				
HI	0,08	E2	top	E	4,1	0,431843	0,205	0,4747	474,71	431,51		37,45	8,68
HI	0,08	E2	top	F	4,0	0,49474	0,202	0,4083	408,30				